

**ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO RURAL**

Evaluación del aporte de tres leguminosas (*Canavalia ensiformis*, *Mucuna pruriens*, *Dolichos lablab*) usadas como abono verde sobre la recuperación de suelos degradados de ladera

Tesis presentada como requisito para optar al título
de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de licenciatura

por

ANGEL FABRICIO JARA FLORES

Honduras, 12 de abril de 1997

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este documento para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Angel Fabricio Jara Flores

Zamorano, Honduras, Abril 12 de 1997

**Evaluación del aporte de tres leguminosas (*Canavalia ensiformis*,
Mucuna pruriens, *Dolichos lablab*) usadas como abono verde
sobre la recuperación de suelos degradados de ladera**

Por :

ANGEL FABRICIO JARA FLORES

Aprobada :

Wilfredo Colón G., Ph.D.
Asesor principal

Armando Medina, Ph.D.
Coordinador PIA-DDR

Armando Medina, Ph.D.
Asesor principal

Marcos Rojas, M.Sc.
Jefe de Departamento

Margoth de Andrews, Ph.D.
Asesora

Antonio Flores, Ph.D.
Decano Académico

Keith Andrews, Ph.D.
Director

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a aquellos que creen en el mañana y que piensan que para tener un futuro hay que proteger los recursos de HOY.

Además quiero dedicárselo a DIOS, a mi madre, abuelos, tíos y tías, asesores y a una persona que con su cariño, dedicación, esfuerzo y amor supo estar siempre cuando la necesitaba, en las buenas y en las malas y que sobre todo siempre estuvo, está y estará en mi corazón, mi novia DENIA.

Agradecimientos

A DIOS por darme la vida y la oportunidad de pasar todos los momentos maravillosos que he tenido en la Escuela y aquí en Honduras.

A mi madre porque sin el esfuerzo y sudor de ella no hubiese podido realizar mis estudios en la Escuela.

A mis abuelos, tíos y tías por el esfuerzo, preocupación y apoyo durante los cuatro años que he pasado en la Escuela.

A mi asesor Dr. Wilfredo Colón, ya que sin el apoyo incondicional que me dio no hubiese podido ingresar a cuarto año, acabar con mi tesis y graduarme como ingeniero agrónomo.

Al Dr. Armando Medina y al Dr. Mario Contreras por el apoyo y la confianza que depositaron en mí al comienzo y durante todo mi cuarto año.

A la Dra. Margoth Andrews por su amistad, consejos y apoyo en toda ocasión.

Al Dr. Pablo Paz que además de ser un amigo, supo ser un buen consejero y guiarme por el buen camino.

Al Dr. Juan José Alán por su contribución a la realización de mi tesis.

Al Departamento de Desarrollo Rural, Don Marcos Rojas, Betty, Hilda, Flori, Mirna, Santo Silverio, Marco Granadino, Nancy Quan, Don Jaime Rojas, Isabel Pérez, Remo y Santos por su amistad y ayuda en todo momento.

A el Departamento de Agronomía Ing. Anayanssi Rodríguez, Ing. Edwin Moncada, Ing. Romel Reconco, Ing. Carlos Jaco, Ing. Edgardo Varela, Hilda, Marta, Julio, Daysi, Isbela; en Citesgran al Dr. Francisco Gómez y a los estudiantes de la clase 97 y 98.

A Rosi de Zelaya y Nelson Montoya en el Departamento de Economía Agrícola. A Milton Flores y CIDICCO y a PRODEPAH por toda su ayuda.

A mis compañeros Ingenieros agrónomo Mario Carrillo, Mauro Mendizábal, Darwin Chávez, Rolando Haches, César Solórzano, Simon Durand, Alejandro Paniagua, Fanilda Cueto, Jorge Salgado, Ixchel Palencia, Marlon García y Luis Munguía por su amistad y compañerismo.

Y finalmente a la persona con quien compartí los momentos más maravillosos de tercer y cuarto año, que supo esperarme pacientemente durante 5 meses y que con su cariño y sencillez supo ganarse un lugar muy especial en mi corazón por el resto de mi vida, **a mi novia DENIA.**

RESUMEN

Debido a lo erosionado y poco productivo de nuestros suelos, se presentó a los abonos verdes como un agente recuperador de suelos degradados. Para probar ésto se utilizaron tres materiales (*Canavalia ensiformis*, *Dolicos lablab* y *Mucuna deeringianum*) sembrados en un suelo diferente cada uno; a los 85 días de crecimiento se procedió a la aplicación de los tratamientos (incorporado, mulch y testigo sin abono verde). Una vez pasado un período de 33 días de descomposición de los abonos verdes se procedió a la siembra de frijol de postrera (Tío Canela). Antes y después del período de descomposición se tomaron muestras de suelo a 10 y 20 cm de profundidad; igualmente, durante el período de crecimiento del frijol de postrera se tomaron muestras de humedad a 10 y 20 cm. Las muestras de suelo y humedad revelaron que el uso de abonos verdes no producen cambios significativos en la fertilidad y capacidad de retención de humedad del suelo a los 33 días después de aplicados los tratamientos. Los rendimientos de frijol de postrera mostraron que no hubo diferencia significativa entre tratamientos en la terraza 1 debido a que éste suelo está muy degradado (compactación, baja capacidad de retención de humedad, baja fertilidad); en cambio el uso de Dólico y Mucuna en las terrazas 2 y 3 respectivamente produjo diferencias significativas ($p = 0.001$) siendo mayores los rendimientos de incorporado y mulch respectivamente en comparación con el testigo sin abono verde, ésto pudo deberse a que el incorporado acondicionó mejor el suelo para la producción de frijol. En el ensayo también se determinó la cantidad de biomasa, materia seca y fresca y semilla producida por cada material usado bajo condiciones de labranza de pequeño agricultor y sin insumos. Durante el ensayo se dieron 2 giras a productores de Tabla Grande y La Lima y se realizó una práctica de siembra en La Lima con el fin de motivar e informar a los productores sobre las ventajas de uso de abonos verdes como recuperador de suelos degradados.

TABLA DE CONTENIDO

Portadilla	i
Derechos de Autor	ii
Página de firmas	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Resumen	vi
Tabla de contenido	vii
Indice de cuadros	ix
Indice de figuras	x
Indice de anexos	xi
I. INTRODUCCION.....	1
1.1. Justificación.....	1
1.2. Objetivo General	2
1.3. Objetivos Específicos :	2
II. REVISION DE LITERATURA.....	22
2.1. El problema de la pobreza en laderas y la alimentación	22
2.2. La agricultura y los suelos como factor de producción.....	22
2.3. La degradación de los suelos y la necesidad de su recuperación.....	23
2.4. El sistema de ladera de Honduras y su importancia.....	23
2.5. Sostenibilidad.....	24
2.6. Los abonos verdes como alternativa en la conservación de suelos.....	24
2.7. Los abonos verdes y su importancia	25
2.8. Materiales usados como abono verde	27
2.8.1. FRIJOL CANAVALIA, CANAVALIA ENSIFORMIS	27
2.8.2. FRIJOL DÓLICO, DOLICHOS LABLAB, LABLAB PURPUREUS	28
2.8.3. FRIJOL TERCIOPELO, MUCUNA DEERINGIANUM.....	28
2.9. Características de los abonos verdes para recuperar suelos degradados.....	29
2.9.1. Cambios en las características del suelo a corto plazo.....	29
2.9.2. Degradación y aporte de materia orgánica y nutrientes a largo plazo.	30
2.10. El efecto del uso de abono verdes en otros cultivos.....	30}

III . MATERIALES Y METODOS	31
3.1. PRIMERA PARTE	31
3.1.1. Materiales.....	31
3.1.2. Diseño experimental.....	31
3.1.3. Siembra.....	32
3.1.4. El manejo de los abonos verdes.	33
3.1.5. Tratamientos.....	34
3.1.6. Metodología y variables a medir:	35
3.2. SEGUNDA PARTE:.....	37
3.2.1. Frijol de postrera	18
3.2.2. Realización de giras de campo :.....	38
IV . RESULTADOS	Error! Bookmark not defined.
4.1. Efecto en la fertilidad del suelo.....	39
4.2. Aporte potencial de nutrientes dados por las tres leguminosas.....	43
4.3. Efecto sobre la capacidad de retención de humedad del suelo.	44
4.4. Efecto sobre el rendimiento de un cultivo posterior, frijol. Error! Bookmark not defined.	
4.5. Rendimiento de cada uno de los materiales de abono verde.....	53
4.6. Apreciaciones de algunos productores de las Zonas de Tabla Grande y La Lima con respecto al uso de abonos verdes.....	54
V . DISCUSION	57
5.1. Efecto en la fertilidad del suelo (aporte real).....	57
5.2. Efectos sobre la capacidad de retención de humedad del suelo.....	57
5.3. Efecto sobre el rendimiento de un cultivo posterior, frijol	58
5.4. Rendimiento de los abonos verdes.....	58
5.5. Apreciaciones de algunos productores de las Zonas de Tabla Grande y La Lima con respecto al uso de abonos verdes.....	59
VI . CONCLUSIONES	60
VII . RECOMENDACIONES	61
VIII . ANEXOS	66
IX . BIBLIOGRAFIA	62

INDICE DE CUADROS

Cuadro

1. Recomendaciones de especies prometedoras como abono verde según elevación del suelo sobre el nivel del mar.	25
2. Fecha y área sembrada de cada uno de los materiales de abono verde usado.	32
3. Distanciamiento de siembra y número de semillas por postura en cada uno de los materiales de abono verde usado.	32
4. Pendientes y Tipos de suelos según terraza y parcela.	33
5. Comparación de la fertilidad del suelo al comienzo del experimento en tres terrazas a una profundidad de 0 a 10 cm.	39
6. Comparación de la fertilidad del suelo al comienzo del experimento en tres terrazas a una profundidad de 10 a 20 cm.	40
7. Cambios en la fertilidad del suelo a dos profundidades al aplicar <i>Canavalia ensiformis</i> como mulch (cobertura muerta) e incorporado a los 33 días de aplicados los tratamientos.	40
8. Cambios en la fertilidad del suelo a dos profundidades al aplicar <i>Dolichos lablab</i> como mulch e incorporado a los 33 días de aplicados los tratamientos.	41
9. Cambios en la fertilidad del suelo a dos profundidades al aplicar <i>Mucuna deeringianum</i> como mulch e incorporado a los 33 días de aplicados los tratamientos.	41
10. Diferencia en fertilidad entre las muestras iniciales y las muestras después de aplicados los tratamientos de incorporado y cobertura muerta tomado de 0-20 cm de profundidad.	42
11. Cantidad de materia seca añadida potencialmente al suelo (kg/ha) por tres tipos de abonos verdes. Tomado 85 días después de siembra.	43
12. Resultados de los análisis foliares de las tres leguminosas.	44
13. Aporte potencial de los materiales de abono verde.	44
14. Cambio en la humedad del suelo a dos profundidades al aplicar <i>Canavalia</i>	46
15. Cambios en la humedad del suelo a dos profundidades al aplicar <i>Dólico</i>	47
16. Cambios en la humedad del suelo a dos profundidades al aplicar <i>Mucuna</i>	29
17. Rendimiento promedio en gramos por planta de frijol de postera por material por tratamiento.	51
18. Rendimiento promedio en kg/ha de frijol de postera por material por tratamiento.	53
19. Rendimiento en grano de cada uno de los materiales usados como abono verde.	54
20. Comparación de los rendimientos de Tío Canela producidos con abono verde incorporado con el rendimiento de Zamorano, agricultores y el promedio nacional.	53

INDICE DE FIGURAS

Figura

1. Retención de humedad semanas durante las 10 semanas después de la siembra en cada uno de los materiales y tratamientos a 10 cm de profundidad.....30
2. Retención de humedad durante las 10 semanas después de la siembra en cada uno de los materiales y tratamientos a 20 cm de profundidad.31
3. Precipitación acumulada en mm por 10 semanas después de la siembra de Tío Canela, Monte Redondo, EAP. 199632
4. Temperatura máxima, mínima y radiación solar (Mjoules/m²/día) promedio por 10 semanas después de la siembra de Tío Canela. Monte Redondo, EAP.**Error! Bookmark not defined.**
5. Precipitación en mm/día durante el experimento.....**Error! Bookmark not defined.**

INDICE DE ANEXOS

Anexo

1. Cantidad de Nitrógeno en kg/ha acumulado en el suelo de 0 a 70 días después de incorporación.66
2. Composición química de varias especies en base a materia seca.66
3. Nutrientes acumulados en la parte aérea.67
4. Resultados de los ANDEVAS para la variable rendimiento del frijol de postera, Tío Canela en kg/ha para los tres tratamientos y los tres materiales.68

I . INTRODUCCION

Los suelos son la base de nuestra existencia (Sheng, 1990), sin embargo a lo largo del pasado y en el presente el hombre ha tomado a este recurso tan importante como algo que no tiene mucha relevancia en nuestro existir.

Hoy en día, la falta de conocimiento de nuestros agricultores y el mal manejo que le dan al suelo produce una degradación continua de este recurso (Melara y Del Río, 1994) lo que hará que nuestros hijos (nuestro mañana) no puedan producir el alimento necesario simplemente porque no tendrán un lugar donde producir.

Los suelos son y serán la base de nuestra cadena de suministro alimenticio y el capital base para la producción agrícola de nuestros países. Todos debemos estar conscientes que el suelo es uno de los principales soportes de la vida humana (Organización para la Agricultura y la Alimentación, FAO, 1990).

Según un estudio hecho en 1983 por la FAO y el Programa de las Naciones Unidas (PNUMA), se determinó que en el mundo se pierden anualmente entre 5 y 7 millones de hectáreas de tierra para la producción. En 1981 la FAO estimó que en el período 1980 - 2000 la superficie de tierra arable se reduciría de 0.37 a 0.25 ha per capita en los países en desarrollo. Además de la erosión del suelo, el aumento de población en los países en desarrollo someterá más aún el suelo a procesos de degradación.

En Honduras, factores como ser una topografía accidentada, la mala distribución de la tierra, la falta de conocimiento de los agricultores sobre la conservación de suelos (Melara y Del Río, 1994), y las lluvias intensas y frecuentes (FAO, 1990), causan una continua pérdida del suelo; debido a esta situación es necesario desarrollar alternativas de conservación enfocados en el mejoramiento de la fertilidad y calidad del suelo para una producción sostenible (Rodríguez, 1996)

El uso de medidas de conservación ofrece beneficios como el acondicionamiento de suelos degradados para la producción y tener una mayor intensidad de uso, sin peligro de erosión (FAO, 1990). Alternativas como el uso de coberturas vegetales mejoran el suelo agregando cantidades apreciables de materia orgánica (Duron, 1990); además, es una práctica agrícola que contribuye a la conservación de la humedad del suelo y otras medidas destinadas a incrementar la producción agrícola.

1.1. JUSTIFICACIÓN

La degradación del suelo y sus múltiples causas han hecho que nos veamos en la necesidad de buscar soluciones y alternativas que frenen este incesante problema que tiene agobiada a la agricultura de hoy; y que además contribuyan a mejorar la capacidad de producir alimento a las unidades familiares, es decir a mejorar la dieta alimenticia y los ingresos de la familia rural.

Esta problemática ha conducido a desarrollar múltiples propuestas para disminuir el continuo proceso erosivo del suelo, el uso de abonos verdes ha sido una de las más acogidas por los agricultores por su fácil uso, fácil adopción, bajo costo y sobre todo por su gran aporte al mejoramiento de la fertilidad y productividad del suelo.

1.2. OBJETIVO GENERAL

- Determinar el efecto del factor abono verde como agente recuperador de suelos degradados desde un punto de vista físico (capacidad de retención de humedad del suelo), químico (cambios en la fertilidad del suelo) y productivos (rendimiento de un cultivo).

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS :

- Determinar la capacidad de los abonos verdes en aportar macronutrientes, al igual que otros cambios en las características químicas del suelo como materia orgánica y pH que produce cada una de las leguminosas utilizadas como cobertura o incorporadas después de un año de crecimiento o tratamiento.
- Determinar la cantidad de biomasa y el aporte real y potencial de N, P, K, Ca, Mg de cada una de las leguminosas utilizadas como abono verde después de 85 días de crecimiento.
- Determinar el efecto de las leguminosas sobre la capacidad de retención de agua del suelo durante el cultivo del frijol, producto de la incorporación de las leguminosas o de su uso como cobertura muerta.
- Comparar el rendimiento del frijol de postrera en suelos con abono verde incorporado, con cobertura muerta y sin abono verde.
- Medir el rendimiento de grano de cada una de las leguminosas usadas bajo condiciones de ladera.
- Motivar a los pequeños productores de ladera para la adopción de abonos verdes en la recuperación de suelos degradados en sus comunidades o fincas.
-

II . REVISION DE LITERATURA

2.1. EL PROBLEMA DE LA POBREZA EN LADERAS Y LA ALIMENTACIÓN

En América Latina, las zonas de ladera son el hogar de muchas de las personas más pobres del continente y al mismo tiempo en ella se encuentran el 40% de las fincas en las que el control de la erosión y el manejo de las aguas pueden constituir puntos claves de preocupación para los agricultores (Novoa, 1981) En Honduras se acentúa aún más el problema ya que cerca del 70% de la superficie es de topografía accidentada (Palma *et al.* 1989; Díaz, 1996) y el 72% de las fincas totales del país con una superficie promedio de 1.7 ha se clasifican como pobres (Díaz, 1996).

Se tiene previsto que para el año 2000, cerca de 180 millones de personas del área tropical del hemisferio occidental vivirán en condiciones de extrema pobreza en las áreas de ladera. (Novoa, 1981). Según el Censo Nacional Agropecuario de 1993, en Honduras cerca del 50% de la población total vive en las zonas rurales y de ella el 82% vive en laderas; por otro lado, según el Banco Mundial 1995, el 78% de los hogares que integran el 30% más pobre en la distribución del ingreso se sitúa en el área rural; es decir que 2.2 millones de personas en el área rural de Honduras son pobres. La pobreza en laderas ha tocado puntos de desesperación, a tal punto que la desnutrición crónica en las familias rurales de ladera alcanzas cifras que varían desde el 63.1% hasta el 35% (Cáceres, 1994).

En resumen, la configuración geográfica y poblacional antes expuesta revela la importancia y limitaciones que tienen las laderas para el desarrollo agrícola y rural de Honduras, y por ende la necesidad de conservar nuestros suelos de ladera y asegurar un porvenir al combatir la pobreza por medio del aumento de la productividad.

2.2. LA AGRICULTURA Y LOS SUELOS COMO FACTOR DE PRODUCCIÓN

La agricultura está compuesta por varios sistemas entre los cuales el clima, las leyes, el suelo, el mercado, el manejo de animales, de cultivos y de la tierra son factores externos e internos importantes y decisivos para la producción (Shaxson, 1997). Según Buckles *et al.*, 1992, entre los factores internos, el suelo es el más apreciado y el más susceptible en las laderas hondureñas.

2.3. LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS Y LA NECESIDAD DE SU RECUPERACIÓN.

En la tierra existen cerca de 4.700 millones de hectáreas de tierra agrícola, de las cuales el 6% están severamente degradadas y un 19% están moderadamente degradadas (Paz, 1996). Por otro lado, en un estudio de la FAO/PNUMA se llegó a la conclusión de que cada año se pierden para la producción en todo el mundo entre 5 y 7 millones de ha de tierra debido a la degradación de los suelos (FAO, 1983). Si los ritos actuales de degradación de suelo continúan, casi un tercio de las tierras arables del mundo estarán destruidas para el año 2000. De todas las formas de degradación en el mundo, la erosión del suelo es el principal problema (Sheng, 1990)

De manera estimada, cerca de 77 millones de ha en Sur América y 90 millones de ha en Norte y Centro América están siendo degradadas por el agua, en parte por la deforestación (43%) y el mal manejo del suelo (24%) produciendo este último el 80% de la degradación física del suelo (Paz, 1996).

El patrón de uso de la tierra y la expansión de la frontera agrícola condiciona el deterioro ambiental que vive el país (Díaz, 1996). La erosión del suelo es en primer lugar una consecuencia ecológica prevista causada por el mal manejo de la tierra y no es una causa primordial del daño, entonces es el hombre quien decide el tipo de manejo adecuado para su tierra (Shaxson, 1997).

2.4. EL SISTEMA DE LADERA DE HONDURAS Y SU IMPORTANCIA.

En el aspecto agroecológico la ladera hondureña es un agroecosistema con pendientes muy pronunciadas que oscilan entre 25 y 30% hasta 100% de desnivel y presenta una diversidad de suelos como Alfisoles, Entisoles e Inceptisoles, desarrollados en roca parental degradada a micro cristales (Triomphe 1995). La agricultura se realiza básicamente en pequeñas fincas con una heterogeneidad de factores biológicos, físicos, culturales y ambientales. Estas explotaciones buscan ante todo la reproducción simple de la unidad domestica y la sobrevivencia del grupo familiar (Díaz, 1996).

En el aspecto socioeconómico, las tierras de ladera en uso agrícola están ocupadas principalmente por grupos marginados de agricultores de escasos recursos, con vías de acceso deficientes y servicios públicos escasos o nulos (Novoa, 1981; Triomphe, 1995), y con niveles de educación muy deficientes. Los productores de estas tierras producen principalmente cultivos alimenticios como maíz, café, frijol, papa, patate y otros cultivos anuales. El cultivo del maíz es el que ocupa el mayor área cultivable, seguido por el café y frijol (Novoa, 1981) y se orienta más que todo a la alimentación de la unidad familiar y el remanente al mercado (Triomphe 1995).

Desde un punto de vista de producción, el sistema de ladera de Honduras es típico de una agricultura de subsistencia con tecnología baja, pero que contribuye significativamente a la producción total. Díaz Arrivillaga, (1996) calculó utilizando los datos del Censo Agropecuario de 1993, que el 66% de la producción total de maíz se obtiene de el 72% de las fincas en ladera (70% del área de ladera) y el 80% del frijol proviene del 80% de las fincas de este tipo (80% del área total de ladera), con una productividad de 1.3 t/ha en maíz y 0.5 t/ha en frijol.

2.5. SOSTENIBILIDAD

La promoción de las técnicas y practicas de Agricultura Sostenible data de los finales de los años setenta con el surgimiento de elementos con una visión diferente consistente en prácticas agrícolas en armonía con la naturaleza y sostenibles desde el punto de vista ecológico, social y económico. En sí, se propone un proceso de cambio social y cultural, porque revalora los conocimientos y prácticas de los sistemas, desarrolla en la gente actitudes y destrezas que le permiten construir su propio destino (Díaz, 1996), ya que es el hombre quien *puede, quiere y hace el cambio*.

En si lo que busca la Sostenibilidad es un desarrollo integral del ser humano pues su objetivo “no debe desarrollar la agricultura de la gente sino enseñarles un proceso a través del cual ellos pueden desarrollar su propia agricultura” (Bunch, 1992).

La Sostenibilidad es algo muy preocupante en nuestros días, estamos buscando una forma en que “la producción sostenible nos permita mantener la producción de hoy sin poner en peligro la habilidad de producir en esa misma unidad de tierra a nuestras generaciones futuras” (Paz, 1996).

2.6. LOS ABONOS VERDES COMO ALTERNATIVA EN LA CONSERVACIÓN DE SUELOS

Durante los últimos diez años ha surgido un enorme interés en Honduras y Centroamerica por el uso de tecnologías agrícolas sencillas, de bajo costo y aptas para promover un sostenimiento productivo de los agroecosistemas (Flores, 1993) y enfocadas en la conservación del suelo y agua y al mejoramiento de la fertilidad (Rodríguez *et al.*, 1995).

Según Flores (1993) esta necesidad de técnicas apropiadas tiene su origen en el encarecimiento de los precios de los insumos agrícolas, la crisis económica de nuestros países y el sentimiento de culpabilidad que tenemos sobre la degradación y pérdida de fertilidad que están sufriendo nuestros suelos. (Flores, 1993). A esto se suma que en las últimas dos décadas, la productividad agrícola no ha mejorado significativamente, mas bien se ha estancado principalmente en lo concerniente a la producción de alimentos (Díaz, 1996).

Los abonos verde se presentan como una de las alternativas más prometedoras y de más fácil adopción para conservar el suelo, y a la vez producir en los individuos un cambio de mentalidad y conciencia (valores) en cuenta a las prácticas de roza, tumba y quema (Díaz, 1996), la mala distribución de la tierra y la falta de conocimiento de los agricultores, que producen el incremento continuo de la erosión y por ende la degradación de los suelos. (Melara y Del Río, 1994).

2.7. LOS ABONOS VERDES Y SU IMPORTANCIA

Los abonos verdes son varias clases de plantas que se usan para abonar el suelo (Jackson, 1993). En otros términos, abonos verdes se refiere a una serie de plantas (Cuadro 1), en su mayoría leguminosas, que se entierran con el propósito de fertilizar y mejorar el suelo (Bunch, 1995).

Las siguientes son facilidades que muestran los abonos verdes para su adopción:

- Requieren de poca mano de obra para el establecimiento de estos sistemas, al igual que su mantenimiento (Triomphe, 1995; Bunch, 1990; Bunch, 1995).
- El potencial de usar cultivos de cobertura durante el verano ha logrado convencer a comunidades enteras. (Bunch, 1990)
- No se quema la parcela, sino que el suelo queda cubierto todo el año, lo que evita la erosión y ayuda a conservar el agua en el perfil del suelo (Triomphe, 1995; Bunch, 1990).
- Se adaptan a un sin número de elevaciones.

Cuadro 1. Recomendaciones de especies prometedoras como abono verde según elevación del suelo sobre el nivel del mar.

Para elevaciones bajas (0 a 1500 msnm)	Frijol terciopelo, <i>Mucuna deeringianum</i> ; Frijol Dólico, <i>Dolichos lablab</i> o <i>Lablab purpureum</i> ; Canavalia, <i>Canavalia ensiformis</i> ; Gandul, <i>Cajanus cajan</i> ; Maní, <i>Arachis pintoii</i> ; Kudzú tropical, <i>Pueraria phaseoloides</i>
Para elevaciones intermedias (1500 a 3000 msnm) o estaciones frías	Chinapopo, <i>Phaseolus coccineus</i> ; Trébol dulce, <i>Melilotus albus</i> ; Choreque, <i>Lathyrus nigrivalvis</i> ; Nabo, Arverja, Vicia, <i>Vicia sativa</i> y Avena.
Para elevaciones superiores a los 3000 msnm	Tarhui, <i>Lupinus mutabilis</i> y Haba, <i>Vicia faba</i>

Entre las ventajas a destacar del uso de abonos verdes podemos anotar:

- Los abonos verdes son capaces de agregar hasta 50 t/ha de materia orgánica. (Bunch, 1990; Bunch, 1995; Hesse, 1994).
- Fijan nitrógeno y lo proveen al suelo al ser incorporados o usados como cobertura muertas (Flores, 1991; Jackson, 1993).
- Mejoran la retención de la humedad del suelo durante la época de sequía (Kiff *et al.* s.f.; Bunch, 1990).
- Protegen al suelo de la erosión aún en terrenos de 35% de pendiente y más de 2000 mm de lluvia, aún cuando se hacen pocos trabajos de conservación de suelo (Kiff *et al.*, s.f.; Jackson, 1993; Bunch, 1995).
- Reducción del establecimiento de malezas (Bunch, 1990 y 1995; Flores, 1991 y 1993).
- Un mejoramiento de las condiciones físicas del suelo (Kiff *et al.*, s.f.; Flores, 1993; Bunch, 1995).
- La no aparición de ciertas plagas en el cultivo de asocio o en el cultivo posterior debido a la ruptura del ciclo biológico de la plaga (Kiff *et al.*, s.f.; Flores, 1993; Melara y Del Río, 1994; Abawi y Thurston, 1994). Por ejemplo la *Mucuna* se usa como nematocida de amplio espectro y las hojas de *Canavalia* se usan para eliminar colonias de zomposos (Bunch, 1990).
- Mantenimiento de los rendimientos a través del pasar de los años, incluyendo un posible incremento en los mismos (Flores, 1993; Bunch, 1995).
- El uso de la cobertura como forraje para animales (Kiff *et al.*, s.f.; Bunch, 1990 y 1995; Jackson, 1993).
- Su uso como alimento para humanos como café, pan, tortilla, grano (Kiff *et al.*, s.f.; Bunch, 1990 y 1995; Flores, 1993a; Jackson, 1993).

Económicamente hablando:

- Reducción en el uso de fertilizantes hasta en un 50% después de tres años de uso consecutivo (Flores, 1993; Bunch, 1995).
- Disminución en la cantidad de jornales empleados en la preparación del suelo y limpias (Flores, 1993).
- Reducción en el costo de control de malezas (hasta un 40% del costo total de control de malezas) mediante la reducción del número de limpias. (Flores, 1993; Bunch, 1990).
- Aumento en un 50% en el precio de la tierra que es cultivada con frijol abono (Flores, 1993).
- Un modesto ingreso adicional por la venta de semilla (Flores, 1993).
- Los costos de producción por manzana son 46% más bajos que en un sistema tecnificado donde se utiliza maquinaria e insumos (Flores, 1994).
- En un sistema de producción maíz/frijol abono, el 52% de los costos de producción se destinan al pago de mano de obra, lo que significa que puede haber un ahorro de costos por concepto de la reducción de la mano de obra (Flores, 1994).
- La tasa de rentabilidad del sistema maíz/frijol abono es 1.29 veces mayor que la del sistema tecnificado (Flores, 1994).

2.8. MATERIALES USADOS COMO ABONO VERDE

2.8.1. Frijol Canavalia, *Canavalia ensiformis*

Canavalia ensiformis es una leguminosa anual cuyo origen probable es la India y Centroamérica. Su utilización como cultivo de cobertura esta tomando mayor importancia en un amplio rango de sistemas agrícolas como abono verde o cultivo de cobertura durante épocas secas. Entre las líneas más usadas en Honduras esta la línea arbustiva, la cual presenta bastante tolerancia a sombra (cuando se asocia con maíz). (Flores y Alemán, 1993).

La Canavalia crece bien en zonas húmedas tropicales y subtropicales desde tierras bajas hasta los 1700 msnm. Su rango principal de pH esta entre 4.5 a 8 y una precipitación de 900 a 1200 mm/año, aunque también tolera precipitaciones desde 650 a 2000 mm (Kiff s.f.). Se siembra a razón de 2 semillas de postura, con una separación de 40 cm entre postura y 80 cm entre surco y usualmente se usan 146 libras de semilla por manzana (Flores, 1993b).

La Canavalia es una leguminosa que se puede utilizar en alimentación animal, tanto en forma fresca (forraje) y como ensilaje (usarlo hasta en un 30% de las raciones) (Kiff, s.f.); y también en alimentación humana (Calentar a 60°C en cantidades grandes de agua para remover los efectos tóxicos de las enzima). (Kiff, s.f.).

Desde un punto de vista agronómico se utiliza para el control de malezas (Alemán y Flores, 1993); como enmienda al suelo debido a la producción de materia orgánica, (alrededor de 40 a 50 t/ha) (Kay, 1979); como reciclador de nutrientes debido a la profundidad de su raíz (Paz 1996) y como técnica para el control de la erosión evitando el lavado del suelo y manteniendo la humedad del suelo (Flores y Alemán, 1993).

El mejor tiempo de incorporación de este material es durante la floración cuando su composición de nutrientes puede llegar a 3.39% de N, 0.35% de P₂O₅, 2.65% de K₂O y su relación C/N es 10 (Torres, 1987).

2.8.2. Frijol Dólico, *Dolichos lablab*, *Lablab purpureus*

El frijol Dólico es una leguminosa trepadora que se comporta como una planta anual. Esta planta es originaria de la parte sur de Asia (Flores, 1993) y se encuentra distribuída en Asia, Africa, Australasia, Centro y Sur América y el Caribe, en especial en las zonas sub húmedas tropicales. El Dólico se adapta a alturas que varían desde los 0 a los 2000 msnm, con precipitaciones que van desde los 400 a los 2500 mm pero es un poco sensitivo al exceso de agua y al frío. Se puede usar en suelos con pH de 5.0 a 7.5 (Kiff, s.f.).

El frijol Dólico es una planta resistente a las sequías que en buenas condiciones puede producir gran cantidad de material verde (entre 5 a 10 t/ha), protegiendo así los suelos de la acción erosiva y del lavado de las lluvias, inclusive en terrenos de hasta un 30% de pendiente y ayudando de igual manera al control de malezas durante la época seca ya que éstas son incapaces de competir con la gran cantidad de follaje producido (Flores, 1993c).

El Dólico se utiliza tanto en la alimentación de animales ya que es muy palatable para el ganado y tiene un alto valor nutritivo. (28% de proteína en hojas) (Flores, 1993c); como en alimentación humana usando tanto las semillas inmaduras como las secas ya que puede proveer hasta un 21.5% de proteína y 61.4% de carbohidratos después de una cocción parecida a la de los frijoles comunes (Duke, s.f.)

El Dólico se siembra a razón de una semilla por postura espaciadas a 25 cm entre postura y 90 cm entre surco; se utiliza un aproximado de 40 libras de semilla por manzana (Flores, 1993b).

2.8.3 Frijol Terciopelo, *Mucuna deeringianum*.

Es una planta anual presente en Africa, Asia, América y el Caribe; se adapta a climas subtropicales, subtropicales húmedos y trópicos húmedos. Se siembra en lugares con lluvias que varían desde los 650 mm, y a altitudes que van desde los 0 a 2100 m.s.n.m. y pH que van desde 4.4 a 7.7 (Kiff, s.f.).

La *Mucuna* se utiliza agronómicamente para el control de malezas (supresión y eliminación) como *Rottboellia*, *Cyperus* y *Cynodon* spp. (Kiff, s.f.); *Imperata cylindrica* (Flores, 1991a); y en otros lugares para el control de nemátodos (Solórzano, 1996). En lugares secos se usa para mantener la humedad del suelo y recuperar suelos degradados incluyendo suelos compactados (Kiff, s.f.), mediante la adición de gran cantidad de materia orgánica, hasta un total de 15 t/ha con un contenido de hasta 2.3% de N total (Flores, 1991a) o como fertilizante foliar por medio de un concentrado rico en hierro y nitrógeno extraído de sus hojas (Flores, 1991a).

Se puede usar en la alimentación de ganado (Flores, 1991a). ya sea en forma fresca, ensilaje, heno y concentrado (Kiff, s.f.) y en alimentación humana utilizando los granos después de una buena cocción y constante cambio de agua (Kiff, s.f.). Se puede usar en la industria de la medicina mediante la extracción de sustancias usadas para regular el pulso y como sustituto de café (Kiff, s.f.).

La Mucuna se siembra a una razón de una semilla por postura, espaciadas a 25 cm entre postura y 80 cm entre surcos; se utiliza un aproximado de 70 a 77 libras de semilla por manzana (Flores, 1993b); o a una razón de 80 cm entre planta x 80 cm entre surco solo usando 15 kg de semilla por mz.

2.9. CARACTERÍSTICAS DE LOS ABONOS VERDES PARA RECUPERAR SUELOS DEGRADADOS

2.9.1. Cambios en las características del suelo a corto plazo

El sistema de abonera es muy complejo, debido a que no solo aporta o cambia uno o dos aspectos del suelo, aunque implica un grupo de acciones o cambios en el suelo, que lo hacen más apto para la agricultura. Cabe recalcar que el proceso de cambio y mejoramiento no es rápido puesto que el proceso de descomposición es gradual y está sujeto a los cambios climáticos.

Debido a la capacidad de los abonos verdes de participar en el ciclo de los nutrientes, pueden comportarse como pozos o fuentes de nutrientes al ser incorporados en el suelo o simplemente usados como cobertura muerta, actuando como *reguladores del ciclo de nutrientes*. Su contribución se basa en el aumento de materia orgánica, el cambio de la capacidad de intercambio catiónico del suelo y el aumento de la actividad microbiana. (Triomphe, 1995).

Otros aspecto relevante es la sincronización entre la demanda de nitrógeno por parte del maíz en crecimiento y la liberación de N que se origina de la mineralización de la cobertura muerta “mulch” y de la materia orgánica del suelo; éste fenómeno se presenta en los primeros 10 a 15 cm del perfil del suelo (Triomphe, 1995).

Algunos ejemplos de la contribución de N a corto plazo se presentan en la Costa Norte de Honduras en donde con el uso de aboneras por períodos de apenas dos años se han obtenido rendimientos de 1373 kg/ha de maíz en postrera, en cambio sin el uso de aboneras los rendimientos promedios has sido de 929 kg/ha, esto implica que el uso de abonos verdes produjo 35% más que los sistemas convencionales de maíz-descanso. (Buckles *et al.*, 1992).

2.9.2. Degradación y aporte de materia orgánica y nutrientes a largo plazo.

Los efectos sobre la degradación a largo plazo resultan del uso repetido de abonos verdes año tras año, estos representan el balance neto dejado por dos mecanismos básicos: 1) La acumulación de materia orgánica y nutrientes, y 2) La descomposición de esta materia orgánica y la salida de los nutrientes del sistema (Triomphe, 1995).

En experimentos realizados por Triomphe (1995), se encontró que en el suelo se producían cambios en el aumento de carbono orgánico de 2.13% en parcelas sin abono verde a 2.39% en parcelas con abono verde con 4 años y de 2.76% en parcelas con más de 12 años. Igualmente se observaron aumentos en cantidades de N total de 0.21%, 0.24% y 0.29% respectivamente. Se encontró un aumento significativo de disponibilidad de 31 ppm de N para parcelas sin abono verde (*Mucuna*) hasta 41 ppm para aboneras viejas (12 años) (Triomphe, 1995).

Triomphe (1995) llegó a la conclusión de que el uso de abonos verdes no tiende a acidificar el suelo con el tiempo, por el contrario mantiene el pH estable y a veces presenta un ligero aumento, incrementando la cantidad de bases intercambiables y la disponibilidad de P.

Entre los cambios físicos, se anota el aumento de las tasa de infiltración de 46 mm/hora en parcelas con menos de 2 años en el sistema a 67 mm/hora en parcelas con 5 a 7 años y 81 mm/hora para parcelas con mas de 10 años; éstos cambios se presentan también en la porosidad total del horizonte 0-10 cm pasando de 52% a 55% y a 57% respectivamente (Triomphe, 1995). Estos fenómenos se deben al espacio dejado por las raíces de los abonos verdes (Kiff *et al.* s.f.).

2.10. EL EFECTO DEL USO DE ABONO VERDES EN OTROS CULTIVOS

El maíz es uno de los cultivos en que más se han usado los abonos verdes es así que se han reportado rendimientos de 2.5 a 3.5 t/ha en promedio (100% más comparado con parcelas sin abono verde) y éstos rendimientos empiezan a subir desde el primer año de establecida la rotación, siendo posible que los incrementos sean mas estables de un año para otro (Triomphe, 1995).

III . MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en dos fases, la primera consistió en la siembra de leguminosas de abono verde en la época de primera, a las cuales se les aplicó los tratamientos de control, con cobertura e incorporado; y posteriormente una segunda fase que consistió en la siembra de frijol de postrera al cual se le evaluó su rendimiento.

El experimento se efectuó en las parcelas de conservación de suelos del Departamento de Agronomía de la Escuela Agrícola Panamericana (E.A.P.), Zamorano, el cual se encuentra situado a 30 km al Sudeste de Tegucigalpa Honduras, en el Valle del Río Yeguaré.

3.1. PRIMERA PARTE

3.1.1. Materiales.

En el experimento se usarán tres especies de leguminosas:

- *Mucuna deeringianum*,
- *Canavalia ensiformis*, y
- *Dolichos lablab*.

3.1.2. Diseño experimental

Los tres tipos de frijol abono se sembraron en terrazas (un material por terraza) en un diseño completamente al azar (DCA) aplicado a cada terraza, se hizo una aleatorización de tres tratamientos (testigo, cobertura muerta e incorporado) con cuatro repeticiones. En cada terraza se dejaron cuatro parcelas para extraer el rendimiento de semilla por área. En total se consideran 48 parcelas con un ancho de 5 m cada una.

Los datos provenientes del experimento fueron analizados en el paquete estadístico “SPSS 7.0 para Windows 95”, aplicándose un análisis de separación de medias por medio de la Prueba DUNCAN al 95% de confianza y pruebas T de Student para las comparaciones entre los tratamientos de 0-10 cm y 10-20 cm de profundidad.

3.1.3. Siembra.

Para la siembra de los abonos verdes se utilizó una terraza por material. Dentro de cada terraza se localizaron 16 parcelas, distribuidas de la siguiente manera para cada uno de los materiales:

- 12 parcelas para la aplicación de los tratamientos (4 parcelas para cada tratamiento); y
- 4 parcelas para obtener semilla.

Cada parcela se delimitó con estacas; en cambio las terrazas se encontraban delimitadas por tres tipos de barreras vivas: de Pasto Elefante, Pasto Elefante enano, Valeriana y una barrera muerta construida de piedra.

La siembra de los materiales se realizó en el mes de junio debido a que este mes marca el inicio de la temporada de lluvia en esta región de Honduras; sin embargo en este año las lluvias se atrasaron por lo que los materiales sufrieron de estrés hídrico durante este mes (Anexo 5).

Los materiales se sembraron de la siguiente manera (representado en los cuadros 2 y 3):

Cuadro 2. Fecha y área sembrada de cada uno de los materiales de abono verde usado.

Material	Fecha	Terraza	Tamaño de parcela
Canavalia	1 de Junio/1996	1	8 m. x 5 m
Dólico	4 de Junio/ 1996	2	6 m. x 5 m
Mucuna	4 de Junio/1996	3	6 m. x 5 m

Cuadro 3. Distanciamiento de siembra y número de semillas por postura en cada uno de los materiales de abono verde usado.

Material - Abono verde	Distancia entre planta	Distancia entre surco	# de semillas por postura
<i>Canavalia ensiformis</i>	40 cm	80 cm	2
<i>Dolichos lablab</i>	25 cm	90 cm	2
<i>Mucuna deeringianum</i>	25 cm	80 cm	1

3.1.4. El manejo de los abonos verdes.

Los cultivos en sí de Canavalia, Dólico y Mucuna llevaron casi el mismo manejo, no hubo aplicación de herbicida, ni fertilizante, ni insecticida, ni riego, o sea que el establecimiento de estos cultivos se dió gracias a la poca humedad que hubo durante la segunda y tercera semana de mayo y el crecimiento de ellos se dió gracias a las lluvias de fines de Junio, cabe recalcar que debido a la falta de lluvia que se dió durante las primeras semanas de Junio, se afectó el crecimiento del Dólico y de menor forma la Mucuna y la Canavalia.

Las parcelas de rendimiento se manejaron igualmente sin fertilizantes ni ningún otro tipo de agroquímico, esto es con el fin de proveerle al agricultor una técnica que no tenga un consumo de insumos externos (que sea barata), en cuanto a Mucuna y Dólico no hubo necesidad de realizar ninguna labor cultural a partir de los 85 días, sin embargo debido a la tendencia erecta de la Canavalia fue necesario de vez en cuando eliminar malezas que eran demasiadas competitivas para la Canavalia.

Cada ensayo se realizó la siembra simulando las condiciones del pequeño productor de ladera, se procuró que la topografía del terreno y los tipos de suelo variasen de un lugar a otro, inclusive dentro de cada terraza. El cuadro 4 muestra la variabilidad de suelos y pendiente en cada terraza y entre parcelas.

Cuadro 4. Pendientes y Tipos de suelos según terraza y parcela.

Ubicación	Textura predominante ^x	Pendiente (% del área de terraza)
TERRAZA 1 (Canavalia)	Franco Arcillo Arenoso	58% 0 -10 % (50 %)
	Arcillo Arenoso	33% 10 - 20 % (42 %)
	Arcillo Limoso	8% 20 - 30 % (8%)
TERRAZA 2 (Dólico)	Franco Arcillo Arenoso	50% 10 - 20 % (16%)
	Franco Arenoso	33% 20 - 30 % (84%)
	Franco	17%
TERRAZA 3 (Mucuna)	Franco	100% 10 - 20 % (16%)
		20 - 30 % (84%)

^x n = 12

Una vez sembrados los tres materiales en el campo, se procedió a dejar que se desarrollaran por un lapso de 85 días; finalizado ese lapso de tiempo se procedió a la aplicación de los tratamientos de cortar el material e incorporarlo a la parcela o dejarlo como cobertura sobre la superficie del suelo

3.1.5. Tratamientos.

Con el objetivo de medir el aporte de la materia vegetal de cada una de las leguminosas al suelo, determinar la mejor forma en que estas puedan aportar nutrientes al suelo y medir el efecto de las mismas en un cultivo posterior, se establecieron tres tratamientos de control, material de cobertura y material incorporado por 33 días de duración; este período se estableció tomando como base unos 25 días de descomposición que es lo recomendado como mínimo para que se descompongan estos materiales y haya liberación de nutrientes (Anexo 1).

Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

- **Incorporación de las leguminosas al suelo**

Consistió en realizar un corte de las plantas de abono verde al ras del suelo y posteriormente incorporarlos con un azadón a una profundidad de 10 a 15 cm, procurando que el material quedara cubierto lo más uniformemente posible.

- **Corte al nivel del suelo y uso de las leguminosas como cobertura muerta**

Este tratamiento consistió en cortar el material al ras del suelo y luego picarlo ligeramente para facilitar la descomposición del mismo; después se procedió a cubrir el suelo con el material picado lo más uniformemente posible.

- **Testigo.**

Este tratamiento consistió en la no siembra de material de abono verde; solamente se permitió el crecimiento de malezas durante los 85 días de crecimiento vegetativo de los materiales y los 33 días que se permitió a cada material para que se descompusiera una vez aplicado el tratamiento.

- **Parcelas de Rendimiento**

Para determinar el rendimiento en grano, se sembró una parcela con cada especie de las leguminosas usadas como abono verde. El área usada para este propósito fue de 40 m² en parcelas de 5 x 8 m para la *Canavalia*, 30 m² en parcelas de 5 x 6 m para el *Dolichos* y 30 m² en parcelas de 5 x 6 m la *Mucuna*.

3.1.6. Metodología y variables a medir:

3.1.6.1 Fertilidad de suelo. Antes de comenzar el experimento se tomaron muestras del suelo representando las profundidades de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm de profundidad con un tubo Hoffer con el objetivo de tener una idea de la fertilidad inicial de las parcelas que tuvieron abono verde. Posteriormente éstos datos se convirtieron en un patrón inicial de comparación contra las muestras tomadas al final del experimento. La diferencia entre las muestras iniciales y las finales dió una idea de los cambios en la fertilidad del suelo que ocurrió en cada uno de los tratamientos. En cada análisis se midió la cantidad de N, P, K, Ca, Mg, el pH del suelo y el porcentaje de materia orgánica en el suelo.

Las muestras de suelo fueron cuatro por terraza y éstas estuvieron formadas por seis submuestras (tres por cada parcela de tratamiento). Las muestras fueron tomadas por primera vez antes de la aplicación de los tratamientos y por segunda vez antes de la siembra del frijol de postrera, esto es 33 días después de aplicados los tratamientos.

Una vez obtenidos los resultados de fertilidad inicial se hizo un análisis de separación de medias (Duncan al 5%) entre terrazas tomando en cuenta la profundidad, esto con el objetivo de conocer si hubo diferencia significativa entre parcelas. De igual manera se hizo una prueba T de Student en cada terraza para saber si hay diferencia significativa en la fertilidad de los tratamientos a dos profundidades (0-10 cm y 10-20 cm).

Para saber si hubo un cambio significativo en el suelo debido a la aplicación de los tratamientos, se realizó un análisis de comparación de medias, comparando las lecturas iniciales y las finales para cada tratamiento y tomando en cuenta una profundidad de 0 a 20 cm, para ello se aplicó una prueba Duncan al 5% de significancia.

La diferencia entre la lectura inicial y final de suelo (aporte real de los abonos verdes) se contrastó con los resultados provenientes de los análisis foliares (aporte potencial de los abonos verdes).

Los análisis foliares fueron obtenidos a partir de una muestra de un metro cuadrado de área foliar y tallos tomada al azar en cada una de las terrazas. Posteriormente la muestra se analizó para determinar el contenido de materia orgánica y N, P, K, Ca, Mg y S y en conjunto con el porcentaje de materia seca de cada una de las leguminosas se determinó el aporte potencial de los nutrientes.

3.1.6.2. Humedad del suelo. Para medir la humedad del suelo se maestrearón tres parcelas para cada tratamiento dentro de cada terraza a una profundidad de 10 y 20 cm de profundidad. Cada muestra estaba formada por tres submuestras tomadas en la parte superior, media e inferior de la parcela. Para la medición de la humedad se usó el método gravimétrico con base en la masa descrito por Forsythe (1985). Este método consiste en pesar la muestra inicial del suelo (peso fresco del suelo), luego se seca en el horno a unos 100 a 110°C por 24 h. y se determina el peso final. Una vez obtenidos estos datos se procede a reemplazar en la fórmula.

$$\% \text{ Humedad del suelo} = \frac{\text{Peso fresco} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso fresco}} * 100$$

Para el análisis del efecto del incorporado y cobertura muerta en cada una de las leguminosas se hizo un análisis múltiple de medias entre tratamientos tomando en cuenta la profundidad, esto con el objetivo de conocer si hay diferencia significativa entre tratamientos, esto se hizo por medio de una prueba Duncan al 95% de significancia, de igual manera se hizo una prueba T de Student en cada tratamiento para saber si hay diferencia significativa de la capacidad de retención de humedad del suelo entre profundidades.

3.1.6.3. Biomasa. Con el objetivo de conocer la cantidad de materia orgánica que cada uno de los materiales aportó al suelo, se midió la biomasa producida por las leguminosas en cada una de las terrazas, se tomaron cuatro muestras para cada tratamiento. Siguiendo la metodología del Laboratorio de Suelos de la EAP, se tomó el peso fresco de 4 muestras de un área de 0.25 metros cuadrados de cada una de las leguminosas, posteriormente se obtuvo el peso seco de ese volumen mediante el uso de un horno a 70°C por 48 horas, esto se realizó inmediatamente antes del corte e incorporación de las leguminosas.

Para obtener el porcentaje de materia seca se restó el peso seco del peso fresco y posteriormente para obtener la cantidad de materia seca se procedió a multiplicar el porcentaje de materia seca por el peso fresco de la biomasa que podría producir cada leguminosa en una hectárea.

3.1.6.4. Rendimiento. El rendimiento de las leguminosas se determinó en las parcelas sembradas en el ensayo, se cosecho el área total de cada parcela y posteriormente se extrapoló a hectárea. La cosecha se realizó cuando el material estaba en un 90% ya maduro, o que las vainas ya estaban en un 90% ya listas para cosecha. Posteriormente se procedió a secar las vainas recolectadas al sol durante unos 7 a 10 días para que el desgrane sea mucho más fácil.

La cosecha se realizó en Mucuna a los 180 días después de siembra; en Canavalia a los 220 días después de siembra y en Dólico se cosecho a los 230 días después de siembra.

3.2. SEGUNDA PARTE:

3.2.1. Frijol de postrera:

Para establecer el impacto de las leguminosas en cultivos posteriores, se sembró frijol en postrera, variedad Tío Canela *75 de 75 días a cosecha en cada una de las parcelas del tratamiento y en el testigo (con excepción de la parcela para medir rendimiento en grano), tales resultados midieron el efecto de los diferentes materiales de abono verde y tratamientos en el rendimiento que presentó el frijol de postrera.

El frijol se sembró el 26, 27 y 28 de septiembre, un poco fuera de la época promedio de siembra debido a un atraso en las lluvias de postrera (Anexo 5). Antes de la siembra se procedió a la limpieza de cada una de las parcelas, cabe recalcar que en las parcelas de Mucuna y Dólico incorporado no hubo mucha necesidad de limpiar puesto que no hubo crecimiento de maleza, en cambio en las parcelas de cobertura hubo un poco mas de crecimiento de malezas y en las de control si hubo necesidad de deshierba. Seguidamente se realizó la siembra con pujaguante o postura depositando dos semillas por postura a un distanciamiento de 0.15 m entre planta y 0.45 entre hileras. La siembra se realizó siguiendo las curvas de nivel.

Durante el desarrollo del frijol fue necesario realizar dos deshierbas para el frijol sembrado en las parcelas de control, y solo siendo necesario una deshierba para el frijol sembrado en los tratamientos de incorporado y cobertura muerta. El frijol se cosecho a los 78 días después de siembra.

Para obtener los rendimientos se tomaron tres muestras de un metro lineal de plantas al azar dentro de cada repetición (muestras aleatorizadas por cuadrante), para un total de 16 muestras por tratamiento por terraza. Luego se pesaron las muestras y se obtuvo la humedad de las mismas utilizando el método indirecto que consiste en pasar una corriente de electricidad por el grano, esto se realizó en las máquinas de marca MOTOMCO.

Para el análisis del efecto de los tratamientos de abono incorporado, cobertura muerta y testigo en el rendimiento en grano del frijol Tío Canela se hizo un análisis de separación de medias entre tratamientos con una prueba Duncan al 5% de significancia.

3.2.2. Realización de giras de campo :

Se realizaron dos giras de campo con el propósito de informar a los productores sobre el uso y ventajas de los abonos verdes en el mejoramiento de suelos degradados, y promover dicha tecnología utilizando los datos del estudio.

Se realizó una **primera gira** que tuvo lugar el 15 de septiembre y en ella se mostró el estado del abono verde (después de la aplicación de cada tratamiento) y su efecto en las parcelas demostrativas. Los participantes fueron de cuatro productores de la comunidad de Tabla Grande y ocho productores de la comunidad de La Lima, comunidades que tienen poco conocimiento sobre el uso de abonos verdes y que además cuentan con suelos degradados en barbecho debido a la baja productividad de los mismos.

La segunda gira que se realizó el viernes 6 de diciembre para presentar a los productores los avances en el crecimiento y desarrollo del frijol Tío Canela después de los tratamientos, y la diferencia entre éstos últimos en cada una de las terrazas de frijol abono; también se presentaron algunos resultados cualitativos de los aportes de nutrientes de las leguminosas de abono verde. Se observaron particularmente los efectos en el tamaño de la planta, la carga por planta, el número de plantas por parcelas y la calidad del suelo (que se determinó manualmente). También se proporcionó semilla de las tres leguminosas a los productores de Tabla Grande para que experimenten ellos en sus propias parcelas.

Posteriormente se realizó un taller compartido con Alejandro Paniagua en la comunidad de La Lima, Tatumbla, con el propósito de llevarles a los productores de esta localidad los resultados de la investigación por ejemplo el rendimiento del frijol Tío Canela, el aporte de nutrientes potencial al suelo y el rendimiento de las leguminosas de abono verde, y además realizar una práctica de siembra de los abonos verdes para que ellos experimenten en sus parcelas como los productores de Tabla Grande; igualmente se les proporcionó semilla de los tres materiales de leguminosas.

IV . RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de la aplicación de los abonos verdes como cobertura, incorporado y testigo (ninguna práctica sobre el suelo) sobre la fertilidad, capacidad de retención de agua del suelo y rendimiento de frijol de postrera.

4.1. EFECTO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO.

En la presente sección se presentan los cambios en la fertilidad del suelo debido al uso de abono verde incorporado y como cobertura muerta “mulch”, a los 33 días después de hacer la aplicación de los tratamientos, en tres suelos diferentes utilizando tres especies de leguminosas.

Se comparó la fertilidad de los suelos entre las tres terrazas con el propósito de conocer la calidad de suelo con que contábamos (Cuadro 5 y 6). En cuanto a la fertilidad inicial en cada terraza a una profundidad de 10 cm, se encontró que hubo diferencias significativas en materia orgánica siendo mayor en la terraza 2 y 3, y diferencias en N total siendo mayor en la terraza 3. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas al 0.05 en el resto de las variables medidas (Cuadro 5). Igualmente se encontraron diferencias significativas a una profundidad de 20 cm, en materia orgánica siendo mayor en la terraza 2, seguido por la terraza 3 y menor en la terraza 1, y en N total siendo mayor en las terrazas 2 y 3 (Cuadro 6).

Cuadro 5. Comparación de la fertilidad del suelo al comienzo del experimento en tres terrazas a una profundidad de 0 a 10 cm. EAP, Zamorano.

	Terraza 1 (Canavalia)	Terraza 2 (Dólico)	Terraza 3 (Mucuna)	Significancia
pH (H ₂ O)	5.76 ^x	5.97	5.52	0.076
Mat. Org. (%)	4.23 b ^y	5.80 a	5.84 a	0.03
% N total	0.12 b	0.13 b	0.18 a	0.05
P disponible (ppm)	4.8	7.0	12.0	0.395
K disponible (ppm)	288	294	298	0.827
Ca disponible (ppm)	1418	1592	1658	0.199
Mg disponible (ppm)	195	182	209	0.079

^x Se tomaron cuatro repeticiones por terraza.

^y Promedios de los tratamientos en cada material seguidos de la misma letra no difieren significativamente según la prueba de separación de medias de Duncan al 5%.

Cuadro 6. Comparación de la fertilidad del suelo al comienzo del experimento en tres terrazas a una profundidad de 10 a 20 cm.

	Terraza 1 (Canavalia)	Terraza 2 (Dolico)	Terraza 3 (Mucuna)	Significancia
pH (H ₂ O)	5.55 ^x	5.63	5.61	0.636
Mat. Org. (%)	2.81 c	5.02 a ^y	4.01 b	0.014
% N total	0.09 b	0.13 a	0.12 a	0.012
P disponible (ppm)	2	4	7	0.374
K disponible (ppm)	226	199	227	0.500
Ca disponible (ppm)	1214	1361	1364	0.309
Mg disponible (ppm)	176	168	176	0.614

^x Se tomaron cuatro repeticiones por terraza.

^y Promedios de los tratamientos en cada material seguidos de la misma letra no difieren significativamente según la prueba de separación de medias de Duncan al 5%.

En el Cuadro 7 se observa el aporte producido por la incorporación y la cobertura muerta de Canavalia a dos profundidades. En el tratamiento de mulch hubo un aporte positivo de P, Ca y Mg, siendo mayor a 10 cm de profundidad, además se pudo observar que hubo un aumento en el pH (0.4) y un ligero incremento en la materia orgánica (0.425 y 0.33%), siendo mayores dichos incrementos en los primeros 10 cm de suelo. En el tratamiento de incorporado solamente se produjo un aporte positivo de K tanto a 10 y 20 cm de profundidad.

Cuadro 7. Cambios en la fertilidad del suelo a dos profundidades al aplicar *Canavalia* como mulch (cobertura muerta) e incorporado a los 33 días de aplicados los tratamientos.

Tratamiento	pH	M.O.	N total	P*	K	Ca	Mg
Mulch (0-10 cm)	0.41	0.425	0.035	14.5	-51	108	8.5
Mulch (10-20 cm)	0.31	0.33	0.005	2	-9	-154	8
Incorporado (0-10 cm)	-0.25	-0.31	-0.005	-3.5	42.5	-212	-9
Incorporado (10-20 cm)	0.05	-0.275	0	-2.5	28	-13.5	1

* Las concentraciones de P, K, Ca, Mg están dadas en ppm.

En el caso de Dólico (Cuadro 8) los aportes por tratamientos fueron contrarios al caso anterior, en el caso del mulch hubo un aporte positivo de Mg y un aumento de pH cuando se usó el Dólico como cobertura muerta en ambas profundidades. En el caso de incorporar el frijol abono, a una profundidad de 10 cm, hubo un aporte positivo de N total y K, igualmente se pudo ver que hubo un aumento de 0.4% de materia orgánica en ambas profundidades.

Cuadro 8. Cambios en la fertilidad del suelo a dos profundidades al aplicar Dólico como mulch e incorporado a los 33 días de aplicados los tratamientos.

Tratamiento	pH	M.O.	N total	P*	K	Ca	Mg
Mulch (0-10 cm)	0.005	-0.89	-0.01	N D.	-40.5	-195.5	17
Mulch (10-20 cm)	0.17	-0.765	-0.005	N.D.	-47.5	-203	9
Incorporado (0-10 cm)	-0.335	0.4	0.05	-0.5	26	-90	-4
Incorporado (10-20 cm)	-0.205	0.4	-0.005	1	25.5	-86	-10.5

^x Las concentraciones de P, K, Ca, Mg están dadas en ppm

^y N.D., datos no disponibles.

En cuanto a *Mucuna* (Cuadro 9), hubo un aporte positivo de P, K y Ca como mulch a los 10 cm de profundidad y un aumento en el pH en ambas profundidades (10 y 20 cm). En cambio al usar *Mucuna* incorporada no hubo aumento en ninguna de las variables medidas.

Cuadro 9. Cambios en la fertilidad del suelo a dos profundidades al aplicar *Mucuna* como mulch e incorporado a los 33 días de aplicados los tratamientos.

Tratamiento	pH	M.O.	N total	P*	K	Ca	Mg
Mulch (0-10 cm)	0.075	0.23	0.03	17	61	96.5	-6.5
Mulch (10-20 cm)	0.095	-0.28	6.94E-18	7	22	-118	-23
Incorporado (0-10 cm)	-0.085	-0.155	0.005	-15.5	-96.5	-254	-14
Incorporado (10-20 cm)	-0.23	-0.84	-0.03	-10.5	55.5	-317.5	-9.5

* Las concentraciones de P, K, Ca, Mg están dadas en ppm

Se calculó la diferencia de aporte entre profundidad y entre tratamiento, para establecer si hubo diferencia significativa entre la fertilidad inicial de los suelos en que trabajamos y la fertilidad final alcanzada después de 33 días de usar abonos verdes como cobertura muerta o incorporado. En el Cuadro 10, tomando un perfil de 0-20 cm de profundidad, podemos ver que al 95% de confianza no hubo diferencia entre tratamientos.

Cuadro 10. Diferencia en fertilidad entre las muestras iniciales y las muestras después de aplicados los tratamientos de incorporado y cobertura muerta tomado de 0-20 cm de profundidad.

Elemento	Material	Inicial*	Cobertura Muerta**	Incorporado* *	Significancia
pH (H ₂ O)	Canavalia	5.65	5.95	6.12	0.119
	Dólico	5.80	5.81	5.61	0.411
	Mucuna	5.57	5.59	5.47	0.227
M. O. (%)	Canavalia	3.52	4.13	3.00	0.096
	Dólico	5.41	4.93	5.47	0.247
	Mucuna	4.93	4.73	4.60	0.717
% N total	Canavalia	0.11	0.13	0.10	0.087
	Dólico	0.13	1.13	0.15	0.246
	Mucuna	0.15	0.16	0.15	0.695
P (ppm) disponible	Canavalia	3.5	9.5	2.8	0.218
	Dólico	5.5	5.0	7.0	0.563
	Mucuna	9.6	15.0	3.3	0.163
K (ppm) disponible	Canavalia	256.8	252.3	266.5	0.708
	Dólico	246.0	232.0	241.7	0.771
	Mucuna	262.8	279.0	267.5	0.803
Ca (ppm) disponible	Canavalia	1316	1337	1161	0.203
	Dólico	1476	1380	1285	0.408
	Mucuna	1510	1468	1256	0.139
Mg (ppm) disponible	Canavalia	185.8	198.8	177.0	0.105
	Dólico	175.3	187.5	168.8	0.379
	Mucuna	192.6	185.0	173.8	0.302

* n = 8

** n = 4

4.2. APORTE POTENCIAL DE NUTRIENTES DADOS POR LAS TRES LEGUMINOSAS.

Otro aspecto que también se consideró fue el aporte potencial que pueden tener los abonos verdes.

Para calcular el aporte potencial se determinó la biomasa y la cantidad de materia seca que produjo cada material. En el Cuadro 11, se puede apreciar a simple vista que en promedio la Canavalia y el Dólico producen y contribuye con mas biomasa (12,932 y 12,540 kg de materia fresca por hectárea) y materia seca al suelo (3914 y 3730 kg de materia seca por hectárea respectivamente) en comparación con la Mucuna que produjo 7,353 kg de materia fresca y 2,612 kg de materia seca.

Cuadro 11. Cantidad de materia seca añadida potencialmente al suelo (kg/ha) por tres tipos de abonos verdes. Tomado 85 días después de siembra.

Material	Peso fresco	Peso seco	kg/ha de materia fresca*	% de materia seca*	kg/ha de materia seca*
Canavalia	323.30	97.87	12,932	30.27%	3915
Dólico	313.51	93.26	12,540	29.75%	3730
Mucuna	183.83	65.32	7,353	35.54%	2613

* n = 4

Determinada la cantidad de materia seca producida y con los análisis foliares de cada material (Cuadro 12) se calculó el aporte potencial de nutrientes de la Canavalia, Dólico y Mucuna.

Al comparar los cambios en la fertilidad producida por la aplicación de abonos verdes (Cuadros 7, 8 y 9) y el aporte potencial (Cuadro 13), podemos ver que no hubo mucha diferencia entre ambos tipos de aporte en lo que se refiere a N total y P para el caso de Canavalia como cobertura muerta y K en el caso de Canavalia incorporada.

En relación a Dólico, el aporte potencial fue mayor que el cambio real en la fertilidad del suelo con excepción del N total, que en el caso de Dólico incorporado fue 10 veces mayor el potencial.

Con respecto a Mucuna, el aporte potencial y el cambio real en la fertilidad del suelo no difirieron mucho en relación al N total, sin embargo para el caso de P y K, los aportes fueron mayores que en lo encontrado en el suelo.

Cuadro 12. Resultados de los análisis foliares de las tres leguminosas.

Leguminosa	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	%S
Canavalia	1.52	0.09	1.72	0.51	0.1	0.1
Dólico	2.25	0.21	3.05	0.54	0.15	0.13
Mucuna	2.91	0.24	2.23	0.58	0.16	0.17

Cuadro 13. Aporte potencial de los materiales de abono verde 88 días después de siembra.

Leguminosa	% N total	P*	K	Ca	Mg
Canavalia	0.0030	1.76	33.66	9.98	1.96
Dólico	0.0042	3.92	56.89	10.82	2.80
Mucuna	0.0038	3.14	29.13	7.58	2.10

* Las concentraciones de P, K, Ca, Mg están dadas en ppm

4.3. EFECTO SOBRE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO

En cuanto a la capacidad de retención de humedad del suelo no hubo diferencia significativa entre tratamientos y profundidades a través de toda la época de crecimiento del frijol de postrera (Cuadros 14, 15 y 16).

En el caso de Canavalia (Cuadro 14) podemos ver que no hubo diferencia entre tratamientos. Si hubo una diferencia significativa en profundidades en la semana 4, 5 y 7, donde a mayor profundidad hubo mayor retención de humedad.

En la terraza de Dólico (Cuadro 15) se produjo un caso parecido al anterior en donde no hubo diferencia significativa entre tratamientos y en este caso tampoco entre las profundidades, a pesar de ello, en las Figuras 1 y 2 se notó un leve aumento en la retención de humedad a 10 -20 cm de profundidad después de la lluvia en la semana 5.

En el caso de Mucuna (Cuadro 16) no hubo diferencia significativa entre profundidades en cada tratamiento, pero si hubo una diferencia significativa entre tratamientos en la semana 6. A diferencia de las terrazas 1 y 2, hubo un aumento de la retención de la humedad en respuesta a la lluvia de la semana 4 en ambas profundidades de 0-10 y 10-20

cm; ésto se puede apreciar en las Figuras 1 y 2 donde se muestra la dinámica de la retención de humedad durante toda la época de crecimiento de frijol.

Cuadro 14. Cambio en la humedad del suelo a dos profundidades al aplicar Canavalia.

SEMANA	Profundidad	Testigo	Cobertura Muerta	Incorporado	Significancia
1	0-10 cm	16.51a*	17.29a	16.68a	0.394
	10-20 cm	18.49a	18.82a	16.92a	0.206
	Prueba T	0.167	0.312	0.723	
2	0-10 cm	18.21a	19.29a	18.55a	0.178
	10-20 cm	17.76a	18.60a	17.80a	0.311
	Prueba T	0.532	0.208	0.457	
3	0-10 cm	16.31a	17.68a	16.88a	0.306
	10-20 cm	15.73a	16.99a	16.86a	0.430
	Prueba T	0.653	0.549	0.989	
4	0-10 cm	12.92a	13.18a	13.73a	0.703
	10-20 cm	16.56a	17.33a	17.65a	0.670
	Prueba T	0.02	0.254	0.125	
5	0-10 cm	13.19a	12.64a	11.80a	0.185
	10-20 cm	16.43a	16.00a	14.56a	0.428
	Prueba T	0.202	0.092	0.02	
6	0-10 cm	16.74a	17.74a	15.52a	0.338
	10-20 cm	16.52a	18.33a	16.78a	0.530
	Prueba T	0.948	0.562	0.626	
7	0-10 cm	9.57a	11.70a	10.99a	0.156
	10-20 cm	12.96a	14.92a	13.47	0.396
	Prueba T	0.036	0.260	0.128	
8	0-10 cm	16.64a	16.98a	17.13a	0.560
	10-20 cm	16.74a	18.33a	18.41a	0.348
	Prueba T	0.924	0.361	0.407	
9	0-10 cm	9.23a	14.96a	8.19a	0.063
	10-20 cm	12.27a	14.08a	9.90a	0.202
	Prueba T	0.169	0.854	0.140	
10	0-10 cm	10.26a	12.62a	10.30a	0.279

* Promedios de los tratamientos en cada material seguidos de la misma letra no difieren significativamente según la prueba de rango múltiple de Duncan al 5%.

Cuadro 15. Cambios en la humedad del suelo a dos profundidades al aplicar Dólico.

SEMANA	Profundidad	Testigo	Cobertura Muerta	Incorporado	Significancia
1	0-10 cm	16.38a ^x	17.16a	16.7a	0.702
	10-20 cm	16.13a	17.17a	17.52a	0.752
	Prueba T	0.935	0.990	0.336	
2	0-10 cm	16.98a	17.56a	17.00a	0.790
	10-20 cm	15.01a	16.53a	17.74a	0.067
	Prueba T	0.353	0.588	0.609	
3	0-10 cm	17.05a	16.96a	16.31a	0.783
	10-20 cm	16.80a	17.44a	15.06a	0.338
	Prueba T	0.947	0.746	0.440	
4	0-10 cm	14.91a	16.06a	13.68a	0.630
	10-20 cm	14.97a	17.94a	15.44a	0.467
	Prueba T	0.992	0.553	0.628	
5	0-10 cm	13.32a	15.08a	11.82a	0.547
	10-20 cm	14.48a	17.80a	14.29a	0.281
	Prueba T	0.855	0.595	0.224	
6	0-10 cm	14.27a	18.61a	16.14a	0.149
	10-20 cm	14.90a	17.49a	16.46a	N.D. ^y
	Prueba T	0.865	0.697	0.866	
7	0-10 cm	10.77a	11.26a	11.05a	0.881
	10-20 cm	12.18a	12.12a	14.59a	0.567
	Prueba T	0.760	0.819	0.206	
8	0-10 cm	15.43a	15.89a	14.86a	0.652
	10-20 cm	14.30a	16.96a	13.94a	0.082
	Prueba T	0.680	0.564	0.139	
9	0-10 cm	8.71a	8.91a	7.04a	0.592
	10-20 cm	9.84a	10.85a	7.15a	0.193
	Prueba T	0.793	0.486	0.924	
10	0-10 cm	12.62a	9.69a	8.87a	0.337

^x Promedios de los tratamientos en cada material seguidos de la misma letra no difieren significativamente según la prueba de rango múltiple de Duncan al 5%.

Cuadro 16. Cambios en la humedad del suelo a dos profundidades al aplicar Mucuna.

SEMANA	Profundidad	Testigo	Cobertura Muerta	Incorporado	Significancia
1	0-10 cm	18.18a*	20.60a	24.88a	0.09
	10-20 cm	15.95a	20.21a	21.13a	0.14
	Prueba T	0.351	0.910	0.362	
2	0-10 cm	11.28a	15.09a	17.92a	0.570
	10-20 cm	10.72a	14.19a	16.16a	0.617
	Prueba T	0.944	0.937	0.892	
3	0-10 cm	18.00a	21.91a	19.72a	0.138
	10-20 cm	17.49a	21.02a	18.38a	0.218
	Prueba T	0.780	0.772	0.577	
4	0-10 cm	18.80a	20.23a	20.06a	0.678
	10-20 cm	17.97a	18.62a	19.30a	0.591
	Prueba T	0.805	0.377	0.828	
5	0-10 cm	19.26a	19.01a	22.08a	0.410
	10-20 cm	19.19a	20.02a	22.13a	0.316
	Prueba T	0.985	0.538	0.998	
6	0-10 cm	14.20a	16.18a	13.52a	0.10
	10-20 cm	13.96ab	15.00a ^y	12.30b	0.04
	Prueba T	0.854	0.307	0.368	
7	0-10 cm	13.12a	13.58a	11.15a	0.308
	10-20 cm	13.00a	14.20a	12.45a	0.484
	Prueba T	0.953	0.777	0.645	
8	0-10 cm	17.11a	19.61a	18.32a	0.338
	10-20 cm	16.52a	20.64a	16.64a	0.943
	Prueba T	0.778	0.564	0.515	
9	0-10 cm	11.82a	12.92a	10.23a	0.204
	10-20 cm	11.78a	13.74a	9.91a	0.087
	Prueba T	0.983	0.628	0.918	
10	0-10 cm	12.90a	12.77a	12.70a	0.802

* Promedios de los tratamientos en cada material seguidos de la misma letra no difieren significativamente según la prueba de rango múltiple de Duncan al 5%.

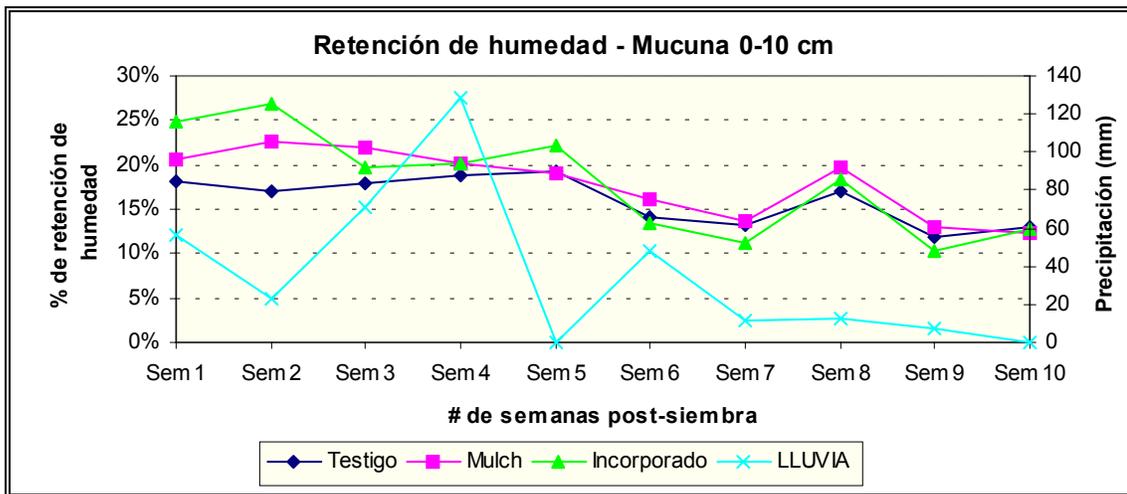
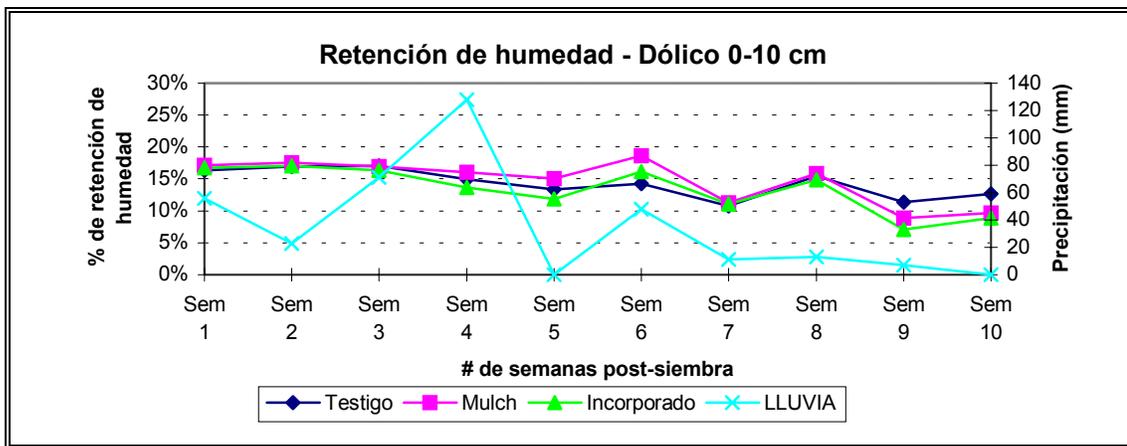
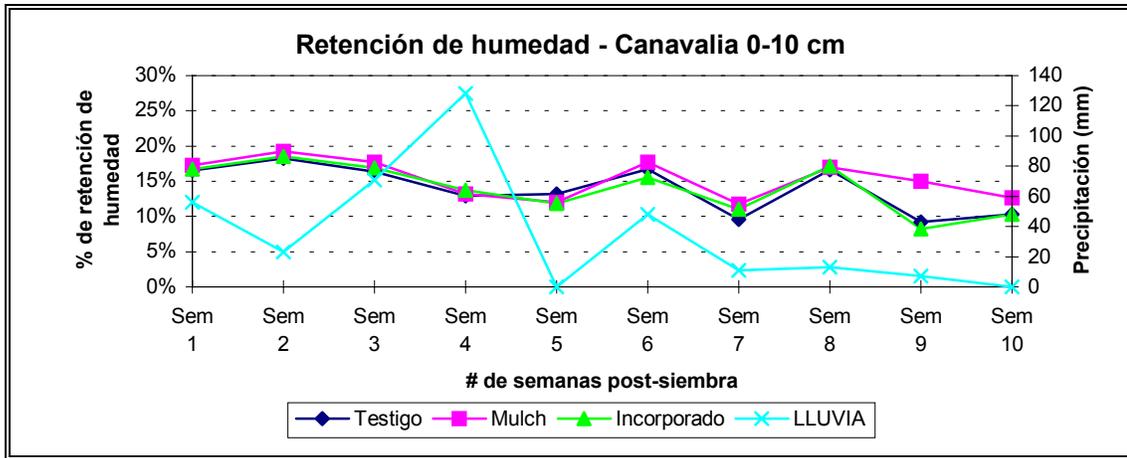


Figura 1. Retención de humedad semanas durante las 10 semanas después de la siembra en cada uno de los materiales y tratamientos a 10 cm de profundidad.

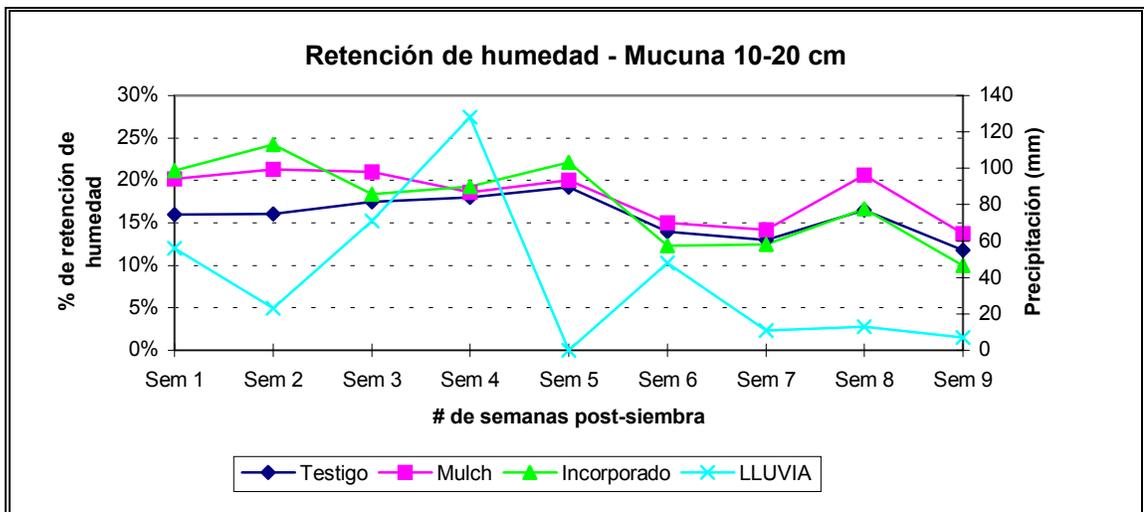
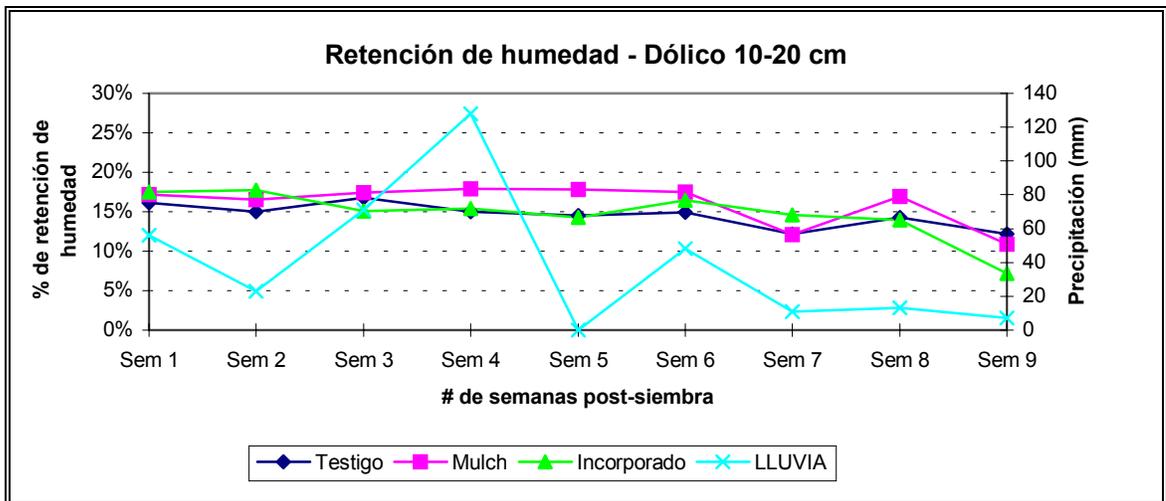
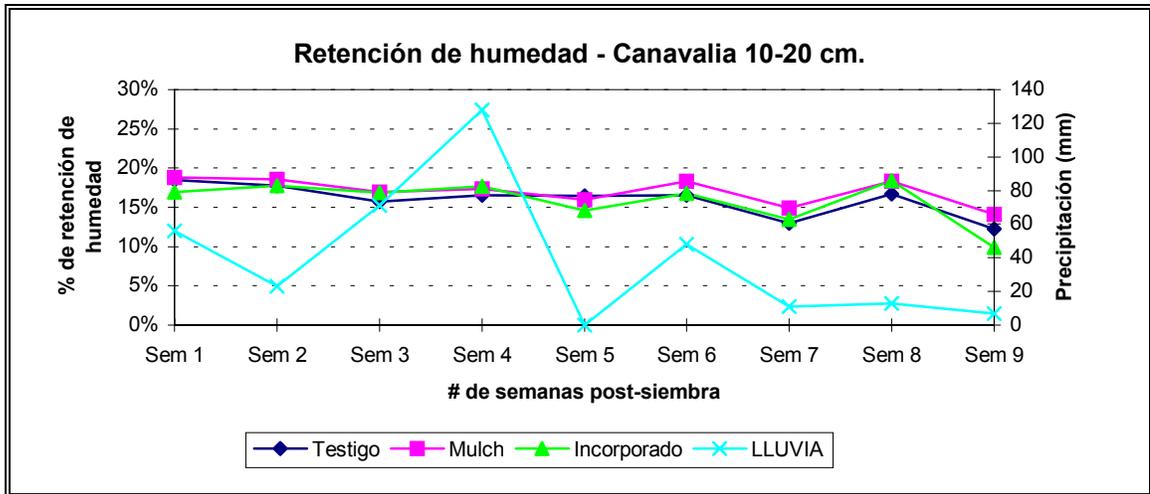


Figura 2. Retención de humedad durante las 10 semanas después de la siembra en cada uno de los materiales y tratamientos a 20 cm de profundidad.

4.4. EFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO DE UN CULTIVO POSTERIOR, FRIJOL.

En cuanto a los efectos de los tratamientos en el rendimiento de un cultivo posterior, frijol Tío Canela, se pudo notar que al tomar rendimiento en gramos por planta, hubo una diferencia significativa entre tratamientos en cada uno de los materiales (Cuadro 17). El frijol Tío Canela fue producido bajo las condiciones de temperatura, radiación solar y precipitación diaria, semanal y total presentada en las Figuras 3, 4 y 5.

En Canavalia hubo una diferencia significativa, entre el tratamiento que no usó abono verde (mayor) y tratamiento de cobertura muerta, sin embargo, el tratamiento de incorporado no fue significativamente diferente al tratamiento testigo y cobertura muerta (Cuadro 17).

En cuanto al Dólico, hubo una diferencia significativa entre todos los tratamientos, siendo el rendimiento en granos por planta mayor en el tratamiento de incorporado, seguido del tratamiento de cobertura muerta y menor en el tratamiento testigo (Cuadro 17).

Con relación al uso de Mucuna, se presentó una diferencia significativa entre los tratamientos, siendo mayor el rendimiento en granos por planta en el tratamiento de incorporado, seguido por el uso de cobertura muerta y menor en el tratamiento que no usó abono verde.

Cuadro 17. Rendimiento promedio en gramos por planta de frijol “Tío Canela 75” de postrera por material por tratamiento. Zamorano, diciembre 1996.

Material	Sin abono	Cobertura Muerta	Incorporado	Significancia
Canavalia	0.6375 a ^{xy}	0.0470 b	0.5042 ab	0.04
Dólico	1.4025 c	5.8933 b	10.7017 a	0.001
Mucuna	0.3500 c	6.9811 b	10.4425 a	0.001

^x n = 12

^y Promedios de los tratamientos en cada material seguidos de la misma letra no difieren significativamente según la prueba de rango múltiple de Duncan al 5%.

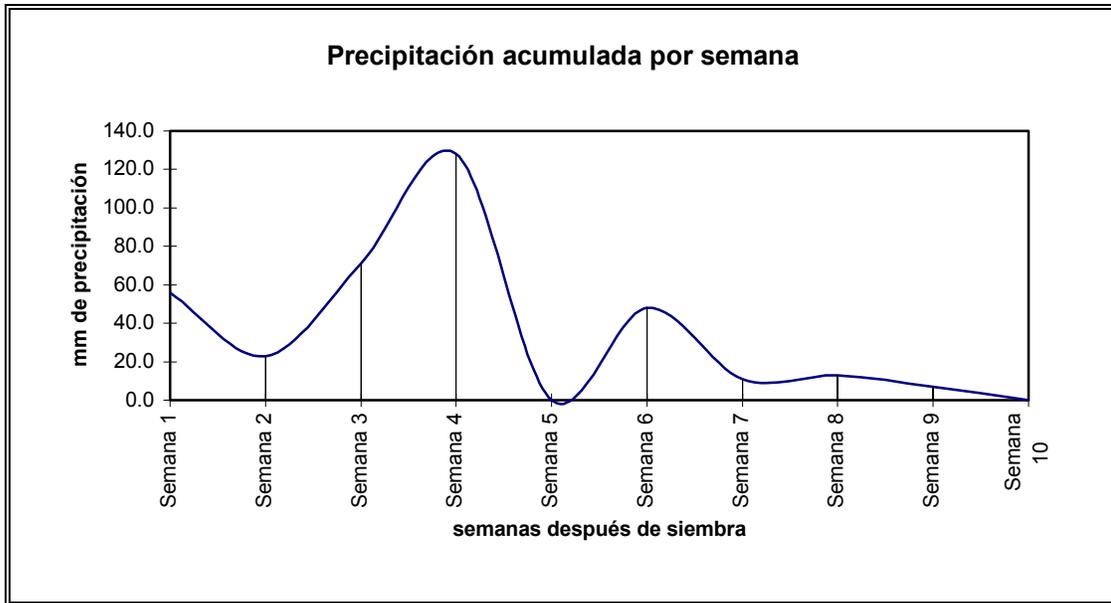


Figura 3. Precipitación acumulada en mm por 10 semanas después de la siembra de Tío Canela, Monte Redondo, EAP. 1996

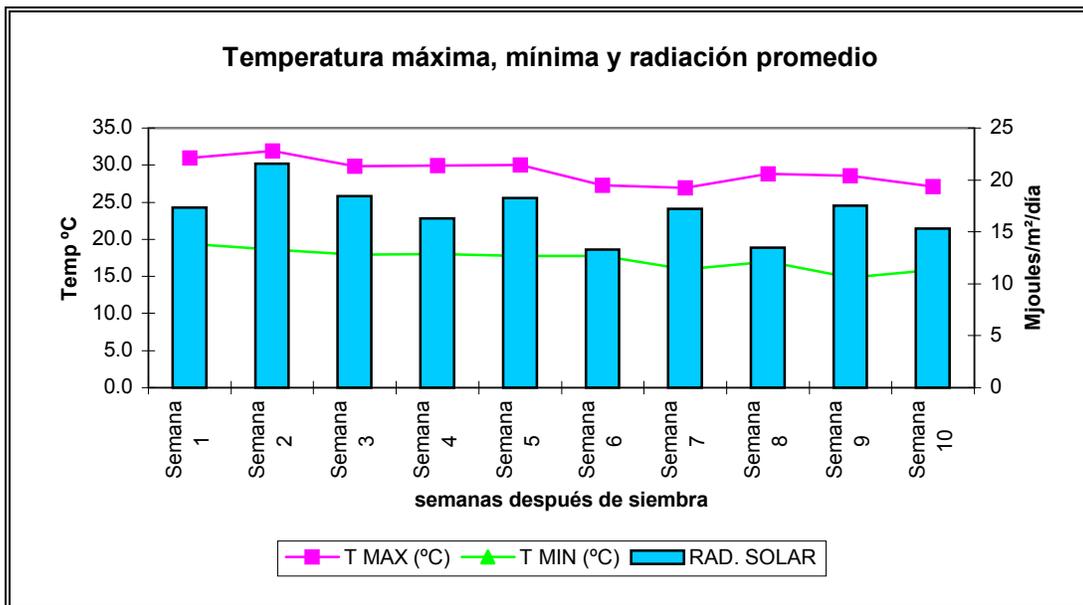


Figura 4. Temperatura máxima, mínima y radiación solar (Mjoules/m²/día) promedio por 10 semanas después de la siembra de Tío Canela. Monte Redondo, EAP, 1996.

Al comparar los rendimientos del frijol de postrera dados en kg/ha vemos que en el caso de la terraza 1 con Canavalia, no hubo diferencia significativa en los rendimientos (Cuadro 18). En cuanto al rendimiento del Tío Canela en kg/ha (Cuadro 18), se pudo detectar una diferencia significativa entre tratamientos para el caso de Dólico y Mucuna, dándose los mayores rendimientos en el tratamiento de incorporado, seguido por el uso de cobertura muerta y el menor rendimiento corresponde al tratamiento testigo.

Cuadro 18. Rendimiento promedio en kg/ha de frijol de postrera por material por tratamiento. Zamorano, 1996.

Material	Testigo	Cobertura muerta	Incorporado	Significancia
Canavalia	84.24 ^x	6.37	70.99	0.055
Dólico	206.82 c ^y	775.67 b	1519.46 a	0.001
Mucuna	43.27 c	749.52 b	1326.47 a	0.001

^x n = 12

^y Promedios de los tratamientos en cada material seguidos de la misma letra no difieren significativamente según la prueba de rango múltiple de Duncan al 5%.

Al comparar los rendimientos del ensayo con otros rendimientos (Cuadro 20) vemos que el rendimiento del incorporado tanto en Dólico como en Mucuna (terrazza 2 y 3) presentan valores 176% y 141% (1519i y 1326 kg/ha) mayores que el promedio nacional (550 kg/ha), lo que implica que el incorporado de los materiales antes mencionados contribuyen a mejorar la productividad de los suelos degradados y contribuyen en cierta forma a la alimentación de la familia rural.

Cuadro 19. Comparación de los rendimientos de Tio Canela producidos con abono verde incorporado con el rendimiento de Zamorano, agricultores y el promedio nacional

Procedencia	Rendimiento (kg/ha)	% de cambio versus el promedio nacional
Terraza 1 (Can)	71	0.12%
Terraza 2 (Dol)	1519	+ 176 %
Terraza 3 (Muc)	1326	+ 141 %
Zamorano	2161	+ 293 %
Agricultores ^x	1357	+ 147 %
Promedio nacional	550	

^x Productores de las zonas de Fco. Morazán y El Paraíso.

4.5. Rendimiento de cada uno de los materiales de abono verde.

El rendimiento en grano de cada uno de los materiales nos permite conocer que cantidad de área habrá que sembrar en un año para obtener la semilla necesaria para sembrar el próximo año. En el Cuadro 19 se presenta la cantidad de semilla que se produjo por parcela y por hectárea a una humedad de 14%. Debe tomarse en cuenta que los rendimientos se obtuvieron sin la aplicación de ningún producto químico, ya que según Santillán, (1997) con un buen manejo agronómico como es limpieza, preparación del suelo y aplicaciones de 275 a 365 kg/ha de 18-46-0, se puede llegar a obtener hasta 1,820 kg de semilla/ha en Canavalia, 2,700 kg/ha en Dólico y 910 kg/ha en Mucuna, así mismo puede producirse 60 a 80 T de materia seca/ha.

Cuadro 20. Rendimiento en grano (al 14% de humedad) de cada uno de los materiales usados como abono verde.

Material	kg/parcela	kg/ha
CANAVALIA*	1.884	471.02
DOLICOS**	2.196	731.91
MUCUNA**	1.434	477.93

* parcela de 40 m²

** parcela de 30 m²

4.6. APRECIACIONES DE ALGUNOS PRODUCTORES DE LAS ZONAS DE TABLA GRANDE Y LA LIMA CON RESPECTO AL USO DE ABONOS VERDES.

Una vez que se realizaron las dos giras de campo para los productores de Tabla Grande y la practica de siembra llevada a cabo con los productores de La Lima, se procedió a pasar una encuesta con el propósito de conocer sobre algunas apreciaciones sobre los abonos verdes y conocer un poco más de la problemática de estas zonas.

Según los productores de la zona de Tabla Grande, el principal problema de sus suelos es la pedregosidad, la poca fertilidad y el mal tiempo que resulta en el lavado del suelo. Debido a ésto y lo presentado durante las giras, los productores llegaron a comprender mejor el uso de los abonos verdes y a tomarlo como una alternativa para solventar el problema de sus suelos, o sea volverlos suelos productivos. De los tratamientos empleados en el experimento, ellos piensan que el incorporado es el mejor, ya que “El incorporado dará mejor resultado pues queda en el suelo formando parte de él”, además “el abono va al fondo y se retienen más los nutrientes”.

Al preguntarles a los productores de La Lima, ellos coincidieron en problemas similares a la zona de Tabla Grande, como es pedregosidad, poca fertilidad, suelo muy duro o pesado y derrumbes. Al conocer y explicarles sobre las ventajas del uso de abonos verdes opinaron que “los abonos verdes son buenos porque dan materia orgánica al suelo y lo hacen mas suave para cultivar y para la planta”, otros opinaron que “los abonos verdes son buenos porque hacen que la capa de tierra se haga más gruesa y hay más tierra para las raíces de las plantas” (productor al referirse al uso de abono verde para producir papa).

Finalmente ambos grupos coincidieron que el uso de abonos verdes es bueno para el suelo y que harían el ensayo en sus propios terrenos con la semilla que se les entregó.

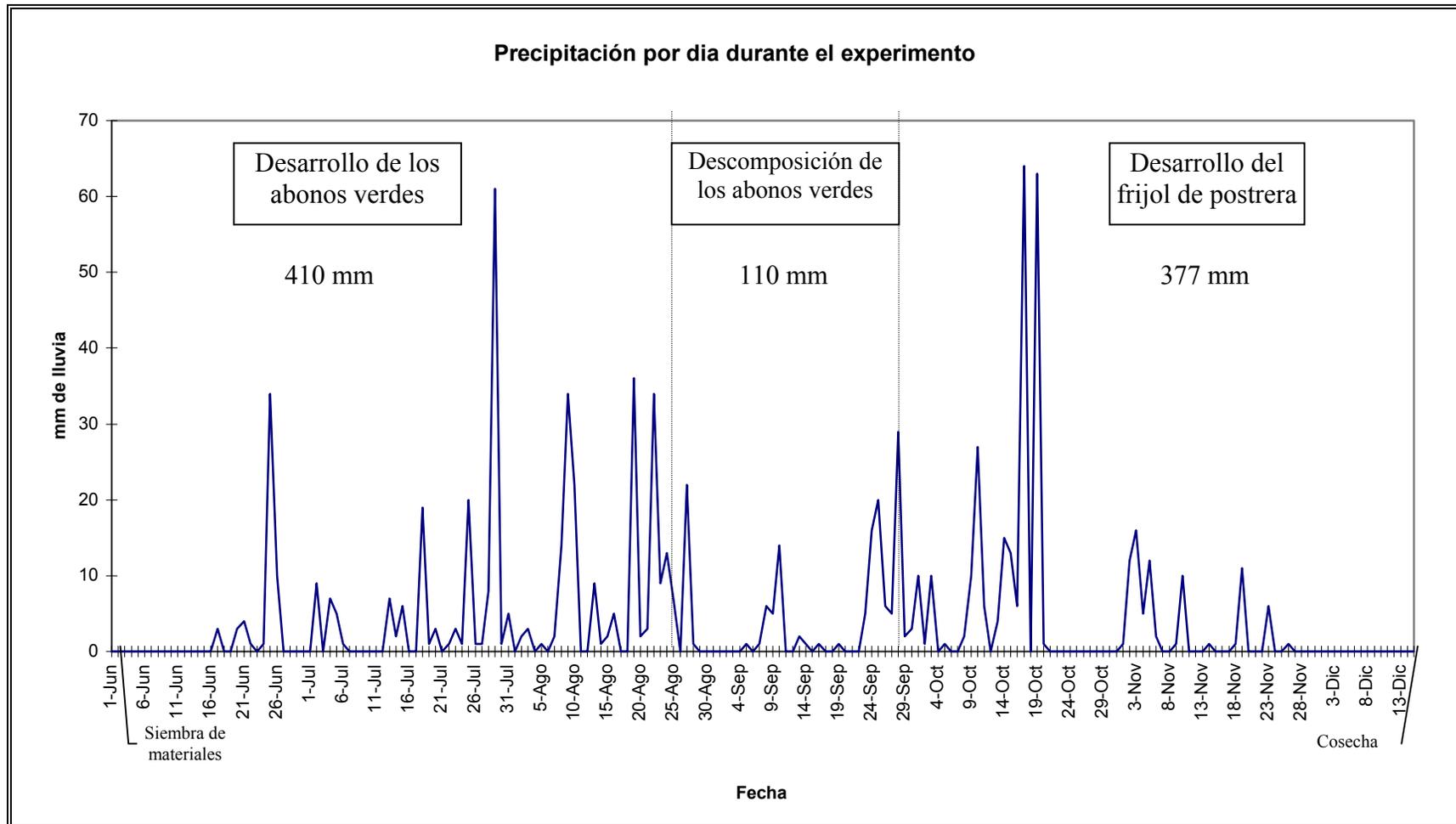


Figura 5. Precipitación en mm/día durante el experimento.

V . DISCUSION

5.1. EFECTO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO

En cuanto al aporte real de nutrientes al suelo, no hubieron cambios significativos entre las cantidades de elementos iniciales y los finales, ello pudo deberse a factores como la falta de humedad en el ambiente y en el suelo, el tipo de suelo y la falta de microorganismos (debido a la compactación) que disminuyeron la tasa de descomposición del abono verde y por consiguiente la liberación de los nutrientes. Contrario a lo encontrado, Yadvinder sf; Lathwell, (1990) y Triomphe, (1995) encontraron que el uso de mulch de abono verde producía aumentos de N total a los 14, 40 y 80 días después de aplicados los tratamientos respectivamente y Rodríguez *et al.*, (1995) para el caso de K también encontró aumentos en P pero que no coinciden con los encontrados por Yadvinder, sf., estos cambios pudieron deberse a condiciones favorables de humedad, precipitación, temperatura, a la edad de la planta y a la cantidad de microorganismos presentes en el suelo, que ayudan a la descomposición de la materia orgánica y a la liberación del N y otros nutrientes. En el mismo trabajo de Rodríguez *et al.*, (1995), se encontró que al incorporar Mucuna no producía cambios significativos en pH, MO y N total pero si aumentó significativamente el P y K, esta similitud y discrepancia con lo encontrado en este trabajo pudo deberse al tipo de suelo en que se trabajo ya que dependiendo de la compactación y tipo de suelo, la descomposición de los abonos verdes condicionan el suelo para la liberación de ciertos nutrientes, que en el caso de Rodríguez pudo liberar el P y K y en Yadvinder sf; Lathwell, (1990) y Triomphe, (1995) liberaron el N total.

5.2. EFECTOS SOBRE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO.

En cuanto al efecto en la capacidad de retención de humedad del suelo no hubo diferencia significativa entre tratamientos ni entre profundidades. Lo que si se puede notar en forma general en los Figuras 1 y 2, es que en la terraza 3 hubo una mayor capacidad de retención de humedad debido a la textura (Franco) y porosidad del suelo en el que se trabajaba. Igualmente el la terraza 3, hubo un aumento de la retención de humedad en respuesta a la lluvia de la semana 4 en ambas profundidades, 0-10 y 10-20 cm (Figuras 1 y 2), esto se debe probablemente a que dicha terraza tiene la capacidad de retener mas agua que las terrazas 1 y 2, ello confirma que el aumento en la capacidad de retención de humedad del suelo se puede deber a la textura Franca del suelo (Cuadro 4).

Debido a que solamente se impusieron los tratamientos en un solo año, sería interesante monitorear estos datos año tras año y ver cuando es que los tratamientos podrán ayudar a retener más agua, ya que en trabajos como Triomphe (1995), se menciona que el uso de abonos verdes en términos de 4 a 6 años aumenta significativamente la cantidad de materia orgánica del suelo, lo que a su vez podría ayudar a aumentar la capacidad de retención de humedad del suelo.

5.3. EFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO DE UN CULTIVO POSTERIOR, FRIJOL TIO CANELA *75

El rendimiento de frijol de postrera no mostró una respuesta favorable significativa a los tratamientos debido al grado de compactación y tipo de suelo que tenía la terraza 1, lo que produjo una gran cantidad de valores cero en todos los tratamientos (Cuadro 18), en cambio en la terraza 2, las parcelas de Dólco incorporado produjeron casi el doble de frijol que aquellas con cobertura muerta y más de 7 veces que el testigo (1519 y 776 y 207 kg/ha respectivamente). En la terraza 3, ocurrió un caso parecido al anterior donde las parcelas en las que se usó Mucuna incorporada produjeron 77% más que aquellas con mulch de Mucuna y 30 veces más que el testigo (estas diferencias en Dólco y Mucuna se deben de igual manera a valores cero que se dieron en el muestreo, ello explica los R^2 y CV del experimento del Anexo 5). Esto concuerda con otros trabajos similares pero que fueron realizados en maíz donde Rodríguez *et al.*, (1995) trabajando en Zamorano y Lavaderos (El Paraíso), encontró que el incorporado de Dólco (2982 kg/ha), Mucuna (2334 kg/ha) y Canavalia (2275 kg/ha) produjeron altos rendimientos respectivamente, y que no difirieron significativamente con respecto a los rendimientos obtenidos con los sistemas de producción de los agricultores de las mismas zonas (2694 kg/ha). Igualmente se reporta que los rendimientos con abono verde fueron mayores con relación a lo reportado por Viteri (1994) en ensayos hechos en las mismas parcelas, estos resultados obtenidos por Rodríguez *et al.*, (1995) pueden deberse al uso continuo de abonos verdes por varios años; en otro trabajo realizado por Flores (1994d) demostró que el uso de Mucuna como mulch producen mejores rendimientos que en incorporado, estos cambios en rendimiento pudieron deberse a las distintas condiciones de clima y suelo con las que trabajó Rodríguez *et al.*, (1995) y con los de éste ensayo.

5.4. RENDIMIENTO DE LOS ABONOS VERDES

Según este estudio realizado bajo condiciones similares a los de los pequeños productores, la Canavalia, Dólco y Mucuna han producido 471, 732 y 478 kg de semilla por hectárea, sin embargo se ha encontrado que bajo condiciones óptimas de crecimiento y fertilidad pueden producir 1820, 2700 y 910 kg/ha de semilla respectivamente (Santillán, 1997). Igualmente los resultados obtenidos en relación a la cantidad de materia seca producida son bajos en comparación a volúmenes observados por Quintana (1987) y Carsky (1989); en los que se reporta rendimientos de 4900 y 6800 kg/ha en Mucuna y de 5000 y 8900 kg/ha en Canavalia respectivamente; Flores (1993c), reporta rendimientos entre 5000 y 10000 kg/ha de materia seca en Dólco. Estas discrepancias en rendimiento de grano y producción de materia seca se pudieron deber al no uso de fertilizantes y a las condiciones tanto del suelo (tipo y preparación del suelo) como de precipitación y temperatura (Figuras 4 y 5) en los que se desarrollaron los ensayos.

5.5. APRECIACIONES DE ALGUNOS PRODUCTORES DE LAS ZONAS DE TABLA GRANDE Y LA LIMA CON RESPECTO AL USO DE ABONOS VERDES.

Finalmente al presentar los resultados a los grupos de productores de las zonas de Tabla Grande y La Lima, el uso de abonos verdes como alternativa para la recuperación de suelos degradados o de muy poca fertilidad fue acogida con mucho entusiasmo y se les motivó a hacer prácticas con la semilla entregada. El uso de abonos verdes será usados en sistemas de rotación de papa y frijol en ambas comunidades.

VI . CONCLUSIONES

Según los análisis de suelo tomados a los 33 días después de aplicados los tratamientos (incorporación y cobertura muerta), y posteriormente comparados con los análisis de suelo iniciales, el uso de abonos verdes no produjo una diferencia significativa de las cantidades de M.O., N total, P, K, Ca y Mg en el suelo. El uso de abonos verdes no produjo un incremento significativo en la capacidad de retención de humedad del suelo.

Según las muestras de humedad tomadas a lo largo del ciclo del frijol (77 días), el uso de abonos verdes por un lapso de 33 días de descomposición, tanto en forma incorporada como mulch (cobertura muerta) no contribuyeron al aumento en la capacidad de retención de humedad del suelo.

El tratamiento de incorporado de Mucuna y Dólico produjo rendimientos del frijol de postrera más altos que el tratamiento de cobertura muerta, llegando a producir hasta el doble con respecto a éste y hasta 8 veces más comparado con el testigo. Aunque el efecto en el aumento de rendimiento de los tratamientos con respecto al testigo no se puede atribuir directamente a la retención de humedad y al aporte de nutrientes puesto que no hubo diferencia significativa, si se puede decir que el uso de abonos verdes acondiciona el suelo de ladera para la producción. Según otros autores, el aumento de rendimiento puede deberse a un aumento en porosidad total del suelo (Triomphe, 1995), o a condiciones favorables para la descomposición del abono y para el crecimiento del cultivo posterior.

De acuerdo a lo anterior se concluye que:

Primero, en el caso del Dólico y la Mucuna, los rendimientos del frijol de postrera si fueron significativos para el tratamiento de incorporado por cuanto esto implica una remoción del suelo y el consiguiente ablandamiento de la capa arable (acondicionamiento), lo que permitió que la compactación inicial que presentaban estos suelos no sea tan desfavorable como lo fue para los otros tratamientos;

Segundo, que a pesar que en Canavalia también hubo remoción del suelo, la fibra de las plantas de Canavalia no permitieron la germinación en algunos casos y en otros, donde si hubo germinación, el grado de degradación del suelo y su compactación no permitieron el desarrollo óptimo del frijol de postrera.

En resumen, debido a que no se encontraron diferencias significativas en la fertilidad de suelo y en la capacidad de retención de humedad del suelo y de acuerdo a los rendimientos de frijol de postrera obtenidos, se puede que decir el uso de abonos verdes en la terraza 2 y 3 acondicionaron el suelo para la producción de frijol, no obstante, esto no ocurrió de esta manera en la terraza 1 donde debido a su capacidad productiva menor que la 2 y 3, el tipo de suelo predominante en esta terraza (Cuadro 4) y el grado de compactación hicieron que esta terraza sea catalogada como más degradada que las otras terrazas.

En vista de la problemática de los productores de La Lima y Tabla Grande, como es la pedregosidad del suelo, poca fertilidad, erosión y lavado del suelo, los abonos verdes han sido acogidos como una alternativa factible y de bajo costo para la solución a estos problemas.

VII . RECOMENDACIONES

- Ya que no se obtuvieron cambios significativos debido al período muy corto de uso de abonos, se recomienda el uso continuo de abonos verdes en la misma terraza 1 hasta que sus características sean similares o mejores que las de las terrazas 2 y 3, o al menos su uso continuo por más de 3 a 4 años (Triomphe, 1995) como técnica para la recuperación de suelos degradados, ya que, aunque estos no contribuyeron significativamente a la retención de humedad y no produjeron aumentos significativos en los nutrientes del suelo; a corto plazo los abonos verdes tienen la capacidad de acondicionar el suelo para una producción sostenible sin necesidad de grandes cantidades de insumos externos nitrogenados y a bajo costo. Hay que recordar que los abonos verdes son recicladores de nutrientes por lo que es necesario agregar elementos que no se hayan en el suelo al momento de usar abonos verdes.
- A los productores se recomienda sembrar pequeñas extensiones de terreno dentro de sus parcelas (depende del productor y extensión de la finca) con el fin de tener una adopción paulatina de la técnica y mantener productiva el área de siembra.
- Realizar investigación en la misma terraza o suelo comparando varios materiales como Mucuna, Dólido y Canavalia rastrera (variedad no erecta) y utilizando el tratamiento de incorporado ya que éste fue acogido mas por los productores. Este tipo de ensayo tendría el propósito de conocer el tipo de material mas apropiado para la zona.
- Efectuar ensayos sobre el efecto de usar abonos verdes incorporados en el rendimiento de papa, frijol (dentro de una rotación) en fincas de pequeños productores, con el propósito de validar el efecto de los abonos verdes en un cultivo posterior. Ello se puede realizar con los productores de La Lima y los de Tabla Grande puesto que éstos son sus principales rubros de producción.
- Hacer un seguimiento de los productores a los que se les entrego semilla con el propósito de medir el grado de adopción de esta técnica y usar la experiencia de estos productores para promover el uso de los abonos verdes.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- ABAWI, G.; THURSTON, H.D. 1994. Efecto de las coberturas y enmiendas orgánicas al suelo y de los cultivos de cobertura sobre los patógenos del suelo y las enfermedades radicales: Una revisión. *In* TAPADO. Los sistemas de siembra con cobertura. Ed. by Thurston D.; Smith M.; Abawi G.; Steve K. Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development. Cornell University, Ithaca, NY. USA p. 97-106
- BANCO MUNDIAL 1995. Memorando Económico y Evaluación de la pobreza. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. 86 p.
- BUCKLES, D.; PONCE, I.; SAIN, G.; MEDINA, G. 1992. “Tierra cobarde se vuelve valiente” el uso y difusión del frijol abono (*Mucuna deeringianum*) en laderas del Litoral Atlántico de Honduras. *In* TAPADO. Los sistemas de siembra con cobertura. Ed. by Thurston D.; Smith M.; Abawi G.; Steve K. Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development. Cornell University, USA p.277-290
- BUNCH, R. 1990. El potencial de coberturas muertas en el alivio de la pobreza y la degradación ambiental. *In* TAPADO. Los sistemas de siembra con cobertura. Ed. by Thurston D.; Smith M.; Abawi G.; Steve K. Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development. Cornell University, USA p. 5-10
- BUNCH, R. 1982. Dos mazorcas de Maíz. Vecinos Mundiales. Edición en castellano. p. 11
- BUNCH, R. 1995. El uso de abonos verdes por agricultores campesinos: Lo que hemos aprendido hasta la fecha. Informe técnico No. 3, 2da. Edición. CIDICCO Tegucigalpa, Honduras. 8 p.
- CACERES, M. 1994. El Problema de la Pobreza Rural en Honduras. Documento de circulación restringida. Tegucigalpa, Honduras.
- CARSKY, R.J. 1989. Estimating availability of nitrogen from green manure to subsequent maize crops using a buried bag technique.
- Citado por LATHWELL D.J. 1990. Legume Green Manures. Principles for Management, based on recent research. Tropsoils bulletin 90-01 Soil Management Collaborative Research Support Program. Department of Soil, Crop, and Atmospheric Sciences New York State College of Agriculture. Cornell University. 30 p.

- DIAZ, E. D., 1996. Agricultura en Laderas: ¿hipoteca o reto histórico para nuestro país?. Colección ASEL. Intercooperation - Organización Suiza para el Desarrollo y la Cooperación: Programa ONG. Tegucigalpa, Honduras. 31 p.
- DUKE, J.A. s.f. The handbook of Legumes of World Economic Importance. P. 103.
- Citado en Flores, M., El uso de Frijol Lablab por pequeños agricultores de varios lugares de Honduras. Informe técnico No. 2, 2da. Edición. CIDICCO. Agosto 1993. Tegucigalpa, Honduras. 4 p.
- FAO/UNEP 1983. El problema de la degradación de la tierra. Boletín de suelos FAO. Roma. p. 2
- Citado por Sheng, T.C. 1990. Conservación de suelos para los pequeños agricultores en las zonas tropicales húmedas. Boletín de suelos FAO #60. Roma, Italia
- FLORES, M. 1990. Carta trimestral, Noticias sobre el uso de cultivos de cobertura. CIDICCO. Tegucigalpa, Honduras. 4 p.
- FLORES, M. 1991. Cover Crops News. Quarterly Newsletter Year 2 No.3 CIDICCO Tegucigalpa, Honduras. 4 p.
- FLORES, M. 1991a. Noticias sobre cultivos de cobertura. Practicas de manejo para trabajar con frijol Terciopelo. Boletín informativo No. 5 Tegucigalpa. Honduras. 8 p.
- FLORES, M. 1993a. La utilización del frijol abono como alimento humano. Informe técnico No. 8. CIDICCO. Tegucigalpa, Honduras. 4 p.
- FLORES, M. 1993b. Siembra de leguminosas. Informe técnico No.6, 2da. Edición. CIDICCO. Tegucigalpa, Honduras. 4 p.
- FLORES, M. 1993c. El uso de Frijol Lablab por pequeños agricultores de varios lugares de Honduras. Informe técnico No. 2, 2da. Edición. CIDICCO. Tegucigalpa, Honduras. 4 p.
- FLORES, M. 1993d. Informe breve sobre el impacto de los cultivos de cobertura en la agricultura de pequeños productores hondureños. Informe técnico No. 4, 2da. Edición. CIDICCO. Tegucigalpa, Honduras. 4 p.
- FLORES, M. 1994. La utilización de leguminosas de cobertura en sistemas agrícolas tradicionales de Centroamerica. *In* TAPADO. Los sistemas de siembra con cobertura. Ed. by Thurston D.; Smith M.; Abawi G.; Steve K. Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development. Cornell University, Ithaca, NY. USA p. 157-165.
- FORSYTHE, W. 1985. Manual de laboratorio de física de suelos. 2da. Edición. IICA. San José, Costa Rica. p. 17 - 20.

- HESSE - RODRIGUEZ, M. 1994. Conservar para cultivar y vivir. Guaymuras. Tegucigalpa, Honduras. 252 p.
- JACKSON, J. 1993. Los abonos verdes. Publicaciones varias No. 1, 2da edición Julio 1993. CIDICCO. Tegucigalpa, Honduras. 8 p.
- KAY, E. 1979. Food legumes, Tropical Products Institute. Londres, Inglaterra. P.197-204
- KIFF, L.; POUND, B.; HOLDSWORTH, R. s.f. Covercrops. A review and database for field users. Natural Resources Institute. Overseas Development Administration. USA. p. 3 - 15, 44, 61, 66.
- LATHWELL, D.J. 1990. Legume Green Manures. Principles for Management, based on recent research. Tropsoils bulletin 90-01 Soil Management Collaborative Research Support Program. Department of Soil, Crop, and Atmospheric Sciences New York State College of Agriculture. Cornell University. 30 p.
- MELARA, W.; DEL RIO, L. 1994. Uso de labranza mínima y leguminosas de cobertura en Honduras *In* TAPADO. Los sistemas de siembra con cobertura. Ed. by Thurston D.; Smith M.; Abawi G.; Steve K. Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development. Cornell University, USA. p. 57-63
- NOVOA, 1986. S.n. Citado en DIAZ, E. D., 1996. Agricultura en Laderas: ¿hipoteca o reto histórico para nuestro país?. Colección ASEL. Intercooperation - Organización Suiza para el Desarrollo y la Cooperación: Programa ONG. Tegucigalpa, Honduras. 31 p.
- PAZ, P. 1996. Notas de clase Sistemas de Producción agrícola. E.A.P., Zamorano, Honduras.
- QUINTANA, J.O. 1987. Evaluation of two procedures for screening legume green manures as nitrogen sources to succeeding corn.
Citado por LATHWELL D.J. 1990. Legume Green Manures. Principles for Management, based on recent research. Tropsoils bulletin 90-01 Soil Management Collaborative Research Support Program. Department of Soil, Crop, and Atmospheric Sciences New York State College of Agriculture. Cornell University. 30 p.
- RODRIGUEZ, D.; VARELA, E.; ROSAS, J.C. 1995. Efecto del uso de leguminosas de cobertura sobre las características del suelo y el rendimiento de maíz. Informe Anual de Investigación 1995. Volumen 8. E.A.P., Zamorano, Honduras. p. 29-30

- RUBEN, R. 1997. Evaluación económica de sistemas de producción con alto y bajo uso de recursos externos: El uso del frijol abono en la agricultura de ladera. Borrador. Trabajo preparado para el taller de planificación: apoyo a la investigación sobre políticas para el manejo de los recursos naturales en las laderas mesoamericanas. EAP, Zamorano, Honduras. 14 p.
- SHAXSON, T.F. 1997. Charla sobre los factores humanos y ecológicos que afectan la conservación del suelo y el agua. Febrero de 1997. E.A.P., Zamorano, Honduras.
- SANTILLAN, R. 1997. Comunicación personal.
- SECPLAN 1994. Censo Nacional Agropecuario 1993. Tegucigalpa, Honduras.
- SHENG, T.C. 1990. Conservación de suelos para los pequeños agricultores en las zonas tropicales húmedas. Boletín de suelos FAO #60. Roma, Italia p. 2-4, 23
- SOLORZANO, F. 1996. Métodos Prácticos para evitar pérdidas. Los cultivos de cobertura son una buena inversión. El Surco, edición latinoamericana No.3 1996. Deere & Company, The Furrow. Illinois. USA. p 13.
- TORRES, J.C. 1987. Potencial del frijol Canavalia en monocultivo intercalado con café en la zona central cafetalera. Tesis. Universidad de Caldas, Cali, Colombia.
- Citado por LATHWELL D.J. 1990. Legume Green Manures. Principles for Management, based on recent research. Tropsoils bulletin 90-01 Soil Management Collaborative Research Support Program. Department of Soil, Crop, and Atmospheric Sciences New York State College of Agriculture. Cornell University. 30 p.
- TRIOMPHE, B. 1995. Agroecología del sistema de aboneras en el Litoral Atlántico de Honduras. Ponencia presentada al panel "Manejo productivo y sostenible de laderas". XLI reunión anual del PCCMCA, Tegucigalpa, Honduras. 14 p.
- VITERI, S; REYES, F; ROSAS J.C. 1994. Conservación de suelos para la producción sostenible de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Informe Anual de Investigación. Departamento de Agronomía, EAP. IAI(6):60-63.
- YADVINDER-SINGH; BIJAY-SINGH; KHIND, C.S. 1992. Nutrient transformations in soils amended with green manures. *In* Advances in Soil science. Springer-Verlag New York Inc. Volume 20. p. 237 - 309.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Cantidad de Nitrógeno en kg/ha acumulado en el suelo de 0 a 70 días después de incorporación.

Material	0 d.d.i.*	25 d.d.i.	42 d.d.i.	56 d.d.i.	70 d.d.i.
C. balbisiana.	9	83	115	172	130
C. ensiformis	9	145	184	191	174
Mucuna	9	63	69	65	65

* d.d.i. = Días después de incorporado.

Fuente: Lathwell D.J. 1990. Legume green manures

Anexo 2. Composición química de varias especies en base a materia seca.

Material	N*	P	K	Ca	Mg
Canavalia ensiformis	2.49	0.13	5.62	1.35	0.63
Dólico	5.01	0.44	2.34	1.36	0.47
Mucuna negra	2.49	0.13	1.40	1.17	0.27
Mucuna otras	3.10	0.19	4.49	2.14	0.65

* Porcentaje en base a materia seca

Fuente: Calegari 1992. La Mucuna y otras plantas de abono verde para pequeñas propiedades. Derspsh. Asunción, Paraguay.

Anexo 3. Nutrientes acumulados en la parte aérea.

Material	Materia verde *	Materia seca *	N *	P	K	Ca	Mg
C. ensiformis	22,300	4,813	153.5 3	7.21	270	64	30
Dólico	23,998	6,596	330.4 5	29.2	154	89	31
Mucuna negra	28,864	7,287	181.4 5	9.47	102	85	19
Mucuna otras	20,808	4,558	141.2 9	8.66	204	97	29

* Cantidades expresadas en kg/ha

Fuente: Calegari 1992. La Mucuna y otras plantas de abono verde para pequeñas propiedades. Derspsh. Asunción, Paraguay.

Anexo 4. Resultados de los ANDEVAS para las variable rendimiento del frijol de postrera, Tio Canela en kg/ha para los tres tratamientos y los tres materiales.

CANAVALIA

Variable	Suma de Cuadrados	G.L.	C.M.	F	Sig.
Modelo	41657.1	2	20828.6	3.172	0.055
Error	216687	33	6566.262		
Total	258344	35			

CV = 150.42
R² = 0.161

DOLICO

Variable	Suma de Cuadrados	G.L.	C.M.	F	Sig.
Modelo	10399301	2	5199651	17.041	0.0001
Error	10069108	33	3051224		
Total	20468410	35			

CV = 66.234
R² = 0.508

MUCUNA

Variable	Suma de Cuadrados	G.L.	C.M.	F	Sig.
Modelo	9905802	2	4952901	122,218	0.0001
Error	1215755	30	40525.2		
Total	1.0 x 10 ⁷	32			

CV = 28.657
R² = 0.890